

(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2004-144885

(P2004-144885A)

(43) 公開日 平成16年5月20日(2004.5.20)

(51) Int.Cl.⁷

G03F 1/08

G03F 7/20

H01L 21/027

F I

G03F 1/08

G03F 7/20

H01L 21/30

B

5 O 5

5 O 2 P

テーマコード (参考)

2 H O 9 5

2 H O 9 7

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2002-308157 (P2002-308157)

(22) 出願日 平成14年10月23日 (2002.10.23)

(71) 出願人 000003193

凸版印刷株式会社

東京都台東区台東1丁目5番1号

(72) 発明者 鈴木 丈太郎

東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印

刷株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BB08 BB31

2H097 AA03 BB01 CA17 LA10

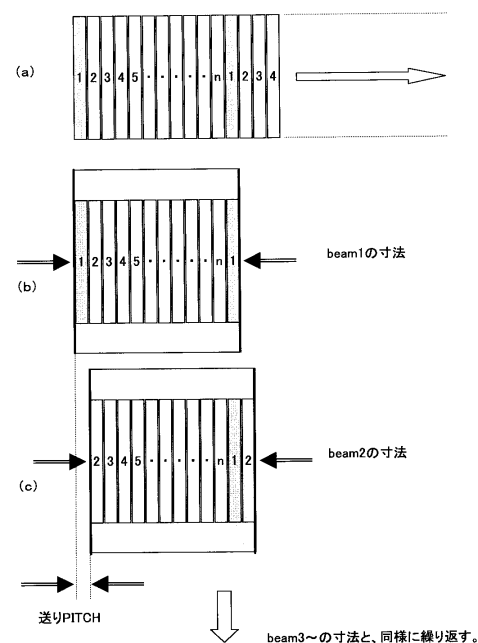
(54) 【発明の名称】 レーザービームの補正方法及びレーザー描画方法

(57) 【要約】

【課題】 マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けするレーザー描画に利用されるレーザービームの補正方法において、各ビームの寸法変動要因に補正を行うことにより、寸法精度を低下させないレーザービームの補正方法および描画方法を提供する。

【解決手段】 前記一単位パターンと、これに隣接する一本のレーザービームの描画によりなるパターンとの、前記垂直方向の合計設計幅をWとし、前記垂直方向の設計幅をWとしたテストパターンをマスクブランク上に描画し、テストパターンの設計幅Wと、描画されたテストパターンの幅との差から、テストパターンの幅端部を描画したレーザービームの光学強度を補正することを特徴とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けするレーザー描画に利用されるレーザービームの補正方法において、前記一単位パターンと、これに隣接する一本のレーザービームの描画によりなるパターンとの、前記垂直方向の合計設計幅をWとし、前記垂直方向の設計幅をWとしたテストパターンをマスクブランク上に描画し、テストパターンの設計幅Wと、描画されたテストパターンの幅との差から、テストパターンの幅端部を描画したレーザービームの光学強度を補正することを特徴とするレーザービームの補正方法。

10

【請求項 2】

マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けし、さらに一単位パターンの位置を変え重ねて描画し多面付けするレーザー描画方法において、レーザービームの光学強度を請求項 1 に記載の補正方法によって補正することを特徴とするレーザー描画方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子製造用のフォトマスク等の製造をするためのレーザービームを照射して所望のパターンを描画するレーザー描画に利用されるレーザービームの補正方法及びそれを用いたレーザー描画方法に係り、特に各レーザービーム間の寸法のばらつきに起因する描画パターンの寸法精度の低下を回避するレーザービーム補正方法及び描画方法に関するものである。

20

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体ウェハプロセスに使用されるフォトマスクの製造に、レーザー光によりマスクブランクを描画する装置が利用されている。通常マスクは、ガラス等の基板に実寸の半導体LSIのパターンが多面付けされているか、マスクブランクに原寸の4倍、もしくは5倍のパターンが描画されているものを指し、後者をレチクルという。近年の微細化に伴い、マスクは殆どがレチクルタイプである。レーザー光による描画装置は電子ビームを利用したフォトマスク製造に対して、レーザー光を用いるもので、真空装置がいらないなど装置が簡素であり、またマルチビームを用いることで、描画時間が電子ビームに比べて短いなどのメリットがある。

30

【0003】

マルチビームを用いるために、通常は発生装置より出力されたレーザー光を複数本のレーザービームに分割する。その後これらを光学系で平行光線とし、マスクブランク上に各レーザービームを同時に走査、露光することで、描画時間を短くしている。露光の方法としては、まずマスクブランクを縦軸、横軸に移動できるステージに固定しておく。そしてある一定の距離で前記の複数本のレーザービームを同時に走査し、マスクブランク上に露光する。この一定の距離で走査し、露光したパターンを基本単位とする。そして、基本単位を照射した後に、マスクブランクを移動する。なお、マスクブランクは、通常マスクブランクを照射した領域にパターンが接するようにステージを移動する。そして再び同様にレーザービームを走査し基本単位を照射した後、マスクブランクを移動する。このようにレーザービームの走査とマスクブランクの移動により単位毎の照射を繰り返すことによって多面付けし、マスクブランク全体の描画を終える。従ってマスクブランクでは基本単位が繰り返され、この周期をもって描画されることになる。

40

【0004】

ビームを走査する方法としては、回転ミラーを用いる方法や、音響光学素子を用いるものがある。これらのミラーや素子を通った後にf- θ レンズや、リダクションレンズを通過

50

し平行光などの処理後、マスクブランク上に露光される。

【0005】

しかし以上のようなマスク描画によって次のような問題点が起こる。すなわち、各ビーム毎の光学強度のばらつきやレンズやミラーなどの光学系部品の影響に起因し、マスクブランク上では各レーザービームによって露光されたパターン寸法のバラツキが発生してしまう。

【0006】

複数のレーザービームを用いて描画する描画装置は、このようなビーム間の寸法のばらつきを回避するため、各レーザービームの光学強度を測定し、これを均一にすることで、ビーム間の寸法ばらつきを低減している。光学系の劣化や、AOM (Acousto-Optic Modulator 音響光学変調器・・・光学強度の調整などに利用されている) の安定性の問題から、定期的にビーム間の強度を調整してばらつきをなくすことが必要である。

【0007】

各ビームの光学強度は、フォトダイオードの電流値として換算され、AOMに印可する出力を変更することで調整される。

【0008】

レーザー描画機によるパターン寸法はパターンのエッジを形成するビームに依存している。ビームの光学強度が強ければ寸法は大きくなり、弱ければ小さくなる。したがって、両端のエッジを同じビームで描画するパターンにおいては、寸法は特定のビームに依存することになる。

【0009】

図5は、各ビームの光学強度分布のグラフと、各ビームでそれぞれ描画したパターン寸法を模式的に示したグラフである。図は、ビームをフォトダイオードの感光部に照射した状態をあらわし、縦軸はビームの光学強度、横軸はフォトダイオードの感光部に沿った座標値を表す。(a)は通常分布を表し、ノーマルドーズに相当する強度の寸法幅はaで、フォトダイオードの電流はI_aで示した。ノーマルドーズは、通常分布で設計どおりの寸法ができるドーズ量である。図(b)はフォーカスが異なる場合で、ノーマルドーズに相当する強度の幅はbで、フォトダイオードの電流はI_bで示した。この場合、強度幅bは、通常状態の幅aより小さな値である。図(c)はスポットの形状が異なる場合で、ノーマルドーズに相当する強度の幅はcで、フォトダイオードの電流はI_cで示した。この場合、強度幅cは、通常状態の幅aより小さな値である。図(d)は散乱光がある場合で、ノーマルドーズに相当する強度の幅はdで、フォトダイオードの電流はI_dで示した。この場合、強度幅dは、通常状態の幅aより小さな値である。なお、フォトダイオードの電流I_a、I_b、I_c、I_dは全て同じ値であって、光学強度は一定に揃えている。これからわかるように、ビームによりスポットサイズ、スポット形状、FOCUS、散乱光などの違いが存在し、このため光学強度の分布と寸法の分布は一致していない。

【0010】

すなわち、ビームの光学強度を一定に揃えても各ビームに依存するパターン寸法のばらつきは一定にはなっていない。これは、上記のような光学強度以外の寸法変動要因の補正を行っていないためである。このため各ビーム間の寸法ばらつきが存在し、寸法精度の低下を招いていた。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたもので、各ビームの寸法変動要因に補正を行うことにより、寸法精度を低下させないレーザービームの補正方法および描画方法を提供することを課題とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明はかかる課題を解決するものであり、請求項1の発明は、マスクブランクに、相異

10

20

30

40

50

なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けするレーザー描画に利用されるレーザービームの補正方法において、前記一単位パターンと、これに隣接する一本のレーザービームの描画によりなるパターンとの、前記垂直方向の合計設計幅をWとし、前記垂直方向の設計幅をWとしたテストパターンをマスクブランク上に描画し、テストパターンの設計幅Wと、描画されたテストパターンの幅との差から、テストパターンの幅端部を描画したレーザービームの光学強度を補正することを特徴とするレーザービームの補正方法としたものである。

【0013】

請求項2の発明は、マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けし、さらに一単位パターンの位置を変え重ねて描画し多面付けするレーザー描画方法において、レーザービームの光学強度を請求項1に記載の補正方法によって補正することを特徴とするレーザー描画方法としたものである。

【0014】

【発明の実施の形態】

本願発明のレーザービームの補正方法では、マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けするレーザー描画に利用されるレーザービームについて、このビームの補正をする。ここで、前記一単位パターンと、これに隣接する一本のレーザービームの描画によりなるパターンとの、前記垂直方向の合計設計幅をWとする。そして前記垂直方向の設計幅をWとしたテストパターンをマスクブランク上に描画し、描画されたテストパターンの幅から、テストパターンの幅端部を描画したレーザービームの光学強度を補正するものである。

【0015】

またこの補正方法として、前記のテストパターンの設計幅Wと、描画されたマスクブランク上のテストパターンの幅と比較してその差から、テストパターンの幅端部を描画したレーザービームの光学強度を補正するものである。

【0016】

また本願発明レーザービーム描画方法は、以上のようにして相異なる複数のレーザービームの光学強度を補正し、マスクブランクに、相異なる複数のレーザービームを決められた距離で走査して露光し、これを一単位パターンとして走査方向及びそれに垂直方向に繰り返し描画して多面付けし、さらに一単位パターンの位置を変え重ねて描画し多面付けするレーザー描画方法である。

【0017】

本願発明に係るレーザー描画方法では、例えば、各ビームの光学強度をフォトダイオードを用いて均一に調整したのち、本願発明の補正方法で各ビームの光学系による寸法変動量を求め、光学強度のOFF SETとしていれ、マスクブランクに露光、描画する。

【0018】

本願発明に係る各ビームの光学系による寸法変動量を測定する方法の一例を説明する。まず前記一単位パターンとこれに隣接する一本のレーザービームの描画によりなるパターンとの前記垂直方向の合計設計幅をWとする。そして前記垂直方向の設計幅をWとしたテストパターンをマスクブランク上に描画することによって、テストパターンの両端を露光するビームを1種類の同一のものにし、マスクブランクに描画したその寸法を測定する。これを全てのビームに関して同様に実施し、各ビームによる設計寸法からのずれを光学系による寸法変動量とする。

【0019】

これに必要なテストパターンのレイアウトの例を図1に示す。複数のレーザービームによる描画は、所定の距離で走査（走査長）した一単位パターンを繰り返して描画するので、マルチビーム描画の場合は、周期的に同一ビームが繰り返し替えされる。図1（a）は描画さ

れた一単位パターンに、次の単位パターンの一部分が接した状態を模式的に示した図である。相異なるビームは n 本で、ビームの名称を順に1から n まで割り振り、ビーム1、2、3、 $\dots$ 、 n としたものである。よってビーム n に次の単位パターンのビーム1が接している。図(b)は一つのテストパターンを示しており、走査方向に垂直方向の幅が、一単位パターンの幅に一つのビーム(この場合はビーム1)のパターンの幅を合計した値(上記 W)で、走査方向の長さが前記の走査長より長いテストパターンを模式的に示した図である。この場合、テストパターンの両端はビーム1で描画される。図(c)は、走査方向に垂直方向の幅が(b)と同じで、走査方向の長さも同じであるが、(b)のテストパターンに対しパターンの位置を1ビームの幅だけ走査方向に垂直方向にずらして設計したテストパターンを、模式的に示した図である。この場合、テストパターンの両端はビーム2で描画される。同様に、同じ大きさのテストパターンを走査方向と垂直方向に位置を1ビームの幅だけずらして設計することによって、テストパターンの幅両端部を描画するビームが、ビーム3、4、5、 $\dots$ 、 n となるように設計することができる。

10

【0020】

以上のようなテストパターンの幅の設計寸法は、ビーム間隔を M とし、両端のビームが同じになるために必要なビームの数を N ((一単位パターンを描画するビーム数)+1)とすると、 $M \times N (=W)$ で求められる。例えば、ビーム間隔を 100 nm とすると、ビーム数が32本の場合、 $3.3\text{ }\mu\text{m}$ の線幅をもつパターンならば、両側のエッジは同一のビームで露光される。

【0021】

20

このようにして左右のエッジが同一のビームになるようにレイアウトされたパターンを描画すると描画後の寸法は、エッジを描画したビームに依存した値になる。そして、これらの描画後のテストパターンの幅の設計値にたいする変動を、テストパターンの幅両端を描画したビームの寸法変動量として求められる。

【0022】

レーザービームの光学強度と、露光部分の寸法には、光学強度を強くすることで、露光部分寸法を大きくでき、また弱くすることで露光部分寸法を小さくすることができる関係が有る。したがって、各ビームがもつ寸法変動量は、個々のビームの光学強度を調整することで、補正することができる。

【0023】

30

なお、テストパターンの幅は走査方向にもばらつきがあり、したがってその値は走査方向の平均値を採用したほうが好ましい。

【0024】

また、上記の例ではテストパターンの描画は一回のみとしたが、これを複数回重ね書きしても良い。この場合、走査方向にずらして重ね書きすれば、走査方向のばらつきが平均化され、計測した幅の値を平均化せず、直接利用できる。

【0025】

次に、本発明のレーザー描画方法の一例を示す。

図4は、各ビームの光学強度が寸法からの算出されたOFFSETを考慮しない状態で、各ビームの光学強度と各ビームによってエッジを描画されたパターンの寸法の関係を示したものである。光学強度は寸法に影響を与えるため、光学強度の分布と寸法の分布はほぼ一致している。光学強度の分布のばらつきが大きく、また、寸法の分布もばらつきが大きくなっている。

40

【0026】

図3は、図4の状態から各ビームの光学強度が同一になるようにAOMに印可する出力を調整した状態で、その時の各ビームによってエッジを描画されたテストパターンの寸法を示す。光学強度は図4に比べてほぼ一定であるが、光学強度の分布と寸法の分布は一致していなく、ばらつきしている。

光学強度のばらつきをRANGE/MEANで1.9%までほぼ同一に調整した状態で、寸法の分布はばらつきが、 21 nm 存在している。

50

【0027】

図2は、図3の状態から各ビームの寸法のばらつきが、光学強度で相殺されるように、各ビームのAOMに印可する出力を寸法から算出されたOFFSET値で補正した状態で、各ビームによってエッジを描画されたテストパターンの寸法を示したものである。光学強度はOFFSETをいれた分、RANGE/MEANで10.8%ばらついている。しかし、寸法の分布のばらつきは、RANGEで8nmと低減されている。

【0028】

以上の例で光学強度に個別にOFFSETをいれることにより寸法ばらつきが改善するのは、次のような理由である。

光学強度が同じでも、ビームによりスポットサイズ、スポット形状、FOCUS、散乱光などの違いが存在する。前述（従来の技術）したように、これらの違いが寸法ばらつきの要因になっていると考えられる。

【0029】

すなわち、ビームによりスポットサイズ、スポット形状、FOCUS、散乱光などの違いによる寸法変動量を、光学強度を調整することで逆に寸法変動を起こすことで相殺し、寸法ばらつきを低減することができる。その結果、ビーム間の光学強度はばらつくことになるが、寸法のばらつきは改善され、描画するパターンの寸法精度を低下させずに、レーザー描画できる。

【0030】

なお、光学強度はOFFSET分ばらついていることが重要で、ただのばらつきは寸法変動を招く。したがって、光学強度は一度、一定になるように調整後、OFFSET分をいれてばらつかせることが必要である。

【0031】

また、各ビームのOFFSET分は光学系に依存しており、光学系の変動がない限り、OFFSET量は固定値として用いることができる。しかし、定期的に光学系の変動ないかの確認は必要である。

【0032】

【実施例】

以下に本発明の実施例を具体的に説明する。

レーザー描画装置として、ALTA3500（ETEC社製）を用いた。各ビームのテストパターンよりなるテストマスクを設計し、描画データを作成した。測定したテストパターンは、図1のようにエッジ部分のビームがずれるように設定した。

【0033】

レーザー光用のレジストを成膜したマスクブランクを前記装置に設置し、前記描画データで、同じビームによる4回の露光により重ねて描画した。その後現像し、作成したマスクの線パターンの走査方向における寸法のばらつきの分布を以下に示した。

【0034】

図2は、光学強度の分布と各ビームの寸法の分布である。

図では32種類の線パターン（図1のBEAM1～32）について、光学強度の線グラフはフォトダイオードで検出した電流値で、寸法のばらつきの線グラフは全体の平均からのずれで示している。

【0035】

各線パターン（BEAM1～32）のばらつきは、光学強度にOFFSETをいれた場合の強度のばらつきはR/Mで10.8%あるが、線パターン（BEAM）間の平均寸法の差は、8nmと小さい。

【0036】

<比較例1>

図3は本発明のレーザービーム描画方法の比較例で、各ビームの光学強度を調整し同一に合わせた場合の線パターン（BEAM）間の平均寸法である。

【0037】

各線パターン（B E A M 1 ～ 3 2）のばらつきは、光学強度を同一に合わせた場合の強度のばらつきはR／Mで1．9％程度であり小さいが、線パターン（B E A M）間の平均寸法の差は、2 1 n mと大きい。

【0 0 3 8】

<比較例 2>

図 4 は本発明のレーザービーム描画方法の比較例で、各ビームの光学強度に寸法からフィードバックしたO F F S E Tが入っていない状態で、強度がばらついている場合の線パターン（B E A M）間の平均寸法である。

【0 0 3 9】

各ビームの光学強度のばらつきは、R／Mで1 3．6％と大きく、線パターン（B E A M 1 ～ 3 2）間の平均寸法の差も、3 3 n mと大きい。

【0 0 4 0】

【発明の効果】

請求項 1 のレーザービームの補正方法によれば、複数のビームのそれぞれのビームが寸法に及ぼす影響を個別に評価することができるため、各ビームの光学強度の補正値を算出することができる。

【0 0 4 1】

請求項 2 に係るレーザー描画方法によれば、異なるビームによって露光されたパターン間の寸法ばらつきを低減できることにより、描画パターンの寸法精度を向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の補正方法に係る各ビームのテストパターンの実施例を模式的に示した説明図である。

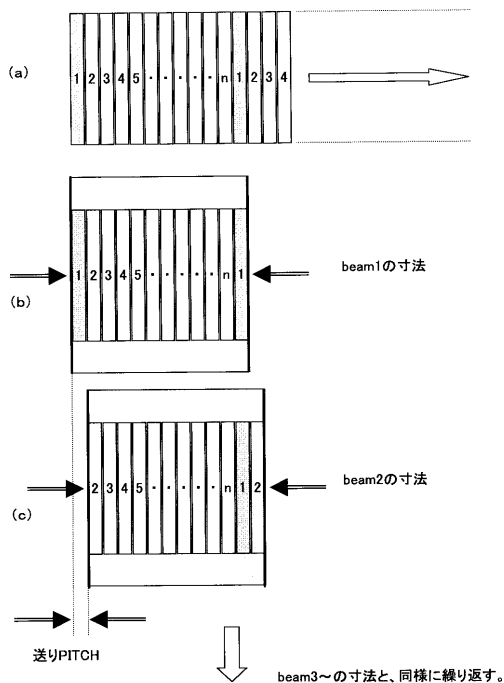
【図 2】本発明の補正方法の実施例で、ビームの光学強度を補正した状態の、各ビームの光学強度のばらつきおよび寸法の分布を、線グラフに示した図である。

【図 3】従来の、ビームが同一に調整された状態の、各ビームの光学強度のばらつきおよび寸法の分布を、線グラフに示した図である。

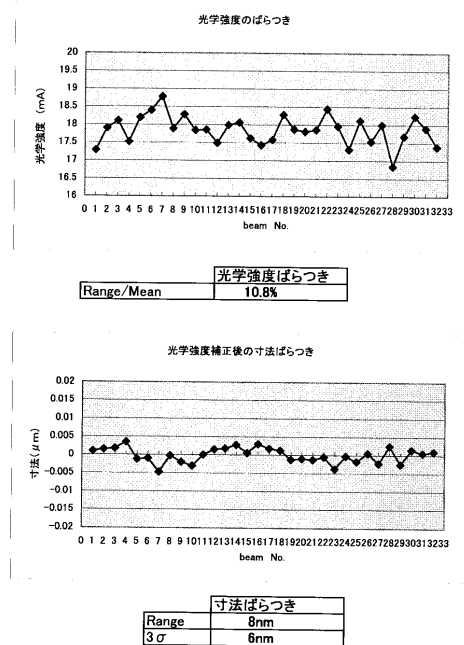
【図 4】従来の、光学強度が同一に調整される前の各ビームの光学強度がばらついている状態の、各ビームの光学強度のばらつきおよび寸法の分布を、線グラフに示した図である。

【図 5】各ビームの光学強度分布のグラフと、各ビームでそれぞれ描画したパターンの寸法を模式的に示したグラフである。

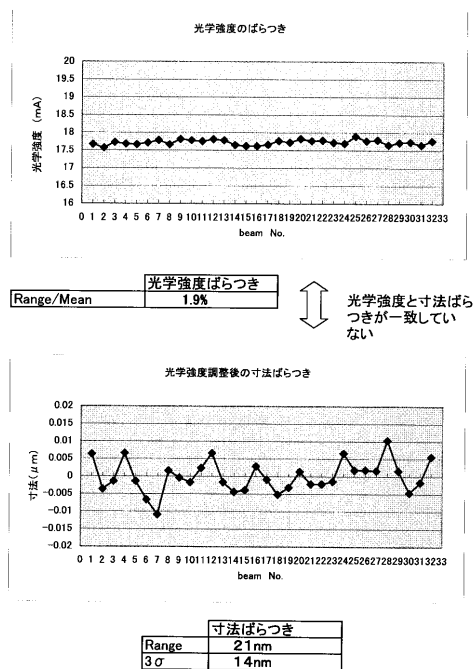
【図 1】



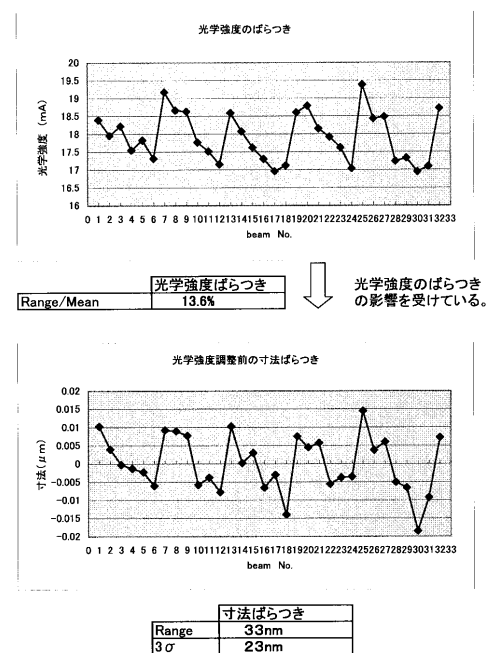
【図 2】



【図 3】

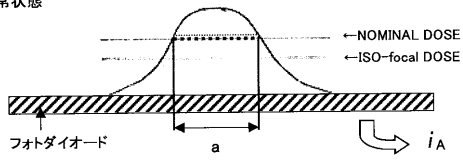


【図 4】

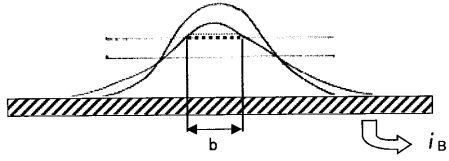


【図 5】

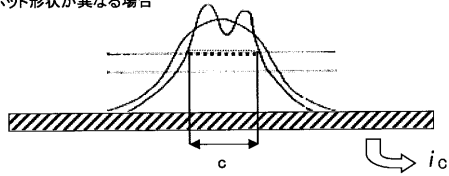
(a) 通常状態



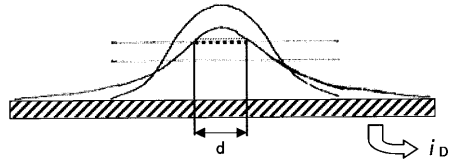
(b) FOCUSが異なる場合



(c) スポット形状が異なる場合



(d) 散乱光がある場合



$$i_A = i_B = i_C = i_D \quad a \neq b \neq c \neq d$$