

(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2009-94020

(P2009-94020A)

(43) 公開日 平成21年4月30日(2009.4.30)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 J 37/153 (2006.01)	H O 1 J 37/153 B	5 C 0 3 3
H O 1 J 37/28 (2006.01)	H O 1 J 37/28 B	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2007-266053 (P2007-266053)	(71) 出願人	000220343
(22) 出願日	平成19年10月12日 (2007.10.12)		株式会社トプコン
			東京都板橋区蓮沼町75番1号
		(74) 代理人	100082670
			弁理士 西脇 民雄
		(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
			プコン内
		(72) 発明者	岡田 真一
			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)	5C033 JJ07 UU02

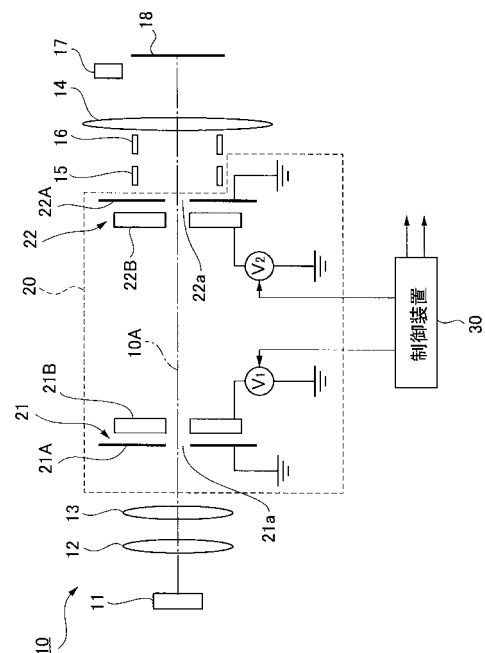
(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム反射装置と電子顕微鏡

(57) 【要約】

【課題】非対称な高次の収差を発生させずに色収差，球面収差を補正することのできる荷電粒子ビーム反射装置と電子顕微鏡を提供する。

【解決手段】直線光軸上10Aに所定間隔を隔てて配置されるとともに、電子銃11から直線光軸上10Aに沿って放射された荷電粒子ビームを通過させる通過穴21a，22aを有し、印加電圧に応じて荷電粒子ビームを反射させたり、通過穴21a，22aを通過させたりする機能を有する少なくとも2つの静電ミラー21，22と、この2つの静電ミラー21，22に印加する電圧を制御する制御装置30とを備え、この制御装置30は、反射機能を与える反射電圧を静電ミラー21，22にそれぞれ所定のタイミングで印加し、電子銃11からの荷電粒子ビームを静電ミラー21，22の間で複数回反射させる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

直線光軸上に所定間隔を隔てて配置されるとともに、荷電粒子ビーム源から前記直線光軸上に沿って放射された荷電粒子ビームを通過させる通過穴を有し、印加電圧に応じて前記荷電粒子ビームを反射させたり、前記通過穴を通過させたりする機能を有する少なくとも 2 つの静電ミラーと、

この 2 つの静電ミラーに印加する電圧を制御する電圧制御部とを備え、

この電圧制御部は、反射機能を与える反射電圧を少なくとも 2 つの静電ミラーのそれぞれに所定のタイミングで印加して、前記荷電粒子ビーム源からの荷電粒子ビームを少なくとも 2 つの静電ミラーの間で複数回反射させることを特徴とする荷電粒子ビーム反射装置。

10

【請求項 2】

前記荷電粒子ビーム源側に配置された静電ミラーが第 1 静電ミラーとされ、

この第 1 静電ミラーに対向する静電ミラーが第 2 静電ミラーとされ、

前記電圧制御部は、前記第 1 静電ミラーに通過機能を与える通過用電圧を第 1 タイミングで印加し、第 2 静電ミラーに反射機能を与える第 2 反射用電圧を第 2 タイミングで印加し、第 1 静電ミラーに反射機能を与える第 1 反射用電圧を第 3 タイミングで印加するように構成され、

前記第 2 タイミングは、前記第 1 静電ミラーに第 1 タイミングで印加された通過用電圧によって第 1 静電ミラーの通過穴を通過した荷電粒子ビームが第 2 静電ミラーに到達する以前に設定され、

20

前記第 3 タイミングは、前記第 2 静電ミラーで反射された荷電粒子ビームが第 1 静電ミラーに到達する以前に設定され、

前記荷電粒子ビーム源からの荷電粒子ビームを第 1 静電ミラーと第 2 静電ミラーとの間で複数回反射させることを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子ビーム反射装置。

【請求項 3】

前記静電ミラーの外周囲に、荷電粒子ビームを減速させる減速器を設けたことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の荷電粒子ビーム反射装置。

【請求項 4】

請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 つに記載の荷電粒子ビーム反射装置を備えたことを特徴とする電子顕微鏡。

30

【請求項 5】

前記電子顕微鏡は、静電ミラーの通過穴を通過して前記荷電粒子ビーム反射装置から放射される荷電粒子ビームのパルス間の期間と、ブランキング期間とを合わせるように設定されていることを特徴とする請求項 4 に記載の電子顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、色収差および球面収差を補正することのできる荷電粒子ビーム反射装置と電子顕微鏡とに関する。

40

【背景技術】

【0002】

一般に、電子線の波長は、加速度電圧が例えば 200 kV で 0.024 nm であり、電子顕微鏡の分解能を波長のオーダーまで高めることは理論的には可能であるが、現状の電子顕微鏡の分解能は 1.9 nm にとどまっている。これは、色収差と球面収差の補正が実現していないためである。

【0003】

しかし、静電ミラーを使用することで色収差および球面収差を補正することが知られている。

【0004】

50

従来、この静電ミラーを使用して色収差および球面収差の補正を図った電子顕微鏡が知られている（特許文献１参照）。

【０００５】

かかる電子顕微鏡は、結像系の一部に、電子ビームを９０度偏向させるビーム偏向器を配置し、このビーム偏向器によって偏向された電子ビームを反射させる静電ミラーを設け、この静電ミラーで反射された電子ビームをビーム偏向器が再度９０度偏向させてもとの光軸に戻すようにしたものである。

【特許文献１】特開平５－２０５６８７号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【０００６】

しかしながら、このような電子顕微鏡にあつては、ビーム偏光器で電子ビームを９０度偏向させて静電ミラーに入射させ、この静電ミラーで反射した電子ビームをさらにビーム偏光器で９０度偏向させてもとの光軸に戻しているが、このビーム偏光器は、電子ビームを９０度曲げる際の電界・磁界が回転対称ではなく、さらに電子ビームを９０度曲げる際の電界・磁界のフリンジング効果の影響により非対称な高次の収差が発生し易いという問題があった。

【０００７】

特に、フリンジングの影響を正確にシミュレーション通りに制御することは難しく、高次の収差を制御して分解能を波長のオーダーまで高めることは難しい。

20

【０００８】

この発明の目的は、フリンジングの影響による高次の収差を発生させずに色収差および球面収差を補正することのできる荷電粒子ビーム反射装置と、この荷電粒子ビーム反射装置を備えた電子顕微鏡を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００９】

請求項１の発明は、直線光軸上に所定間隔を隔てて配置されるとともに、荷電粒子ビーム源から前記直線光軸上に沿って放射された荷電粒子ビームを通過させる通過穴を有し、印加電圧に応じて前記荷電粒子ビームを反射させたり、前記通過穴を通過させたりする機能を有する少なくとも２つの静電ミラーと、

30

この２つの静電ミラーに印加する電圧を制御する電圧制御部とを備え、

この電圧制御部は、反射機能を与える反射電圧を少なくとも２つの静電ミラーのそれぞれに所定のタイミングで印加して、前記荷電粒子ビーム源からの荷電粒子ビームを少なくとも２つの静電ミラーの間で複数回反射させることを特徴とする。

【００１０】

請求項４の発明は、請求項１ないし請求項３のいずれか１つに記載の荷電粒子ビーム反射装置を備えた電子顕微鏡であることを特徴とする。

【発明の効果】

【００１１】

この発明によれば、荷電粒子ビームを通過させる通過穴を有し、印加電圧に応じて前記荷電粒子ビームを反射させたり、前記通過穴を通過させたりする機能を有する少なくとも第１，第２静電ミラーを備えているので、フリンジングの影響による高次の収差を発生させずに独立に色収差および球面収差を補正することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【００１２】

以下、この発明に係る荷電粒子ビーム反射装置を備えた電子顕微鏡の実施の形態である実施例を図面に基づいて説明する。

【実施例】

【００１３】

[第１実施例]

50

図 1 は走査型の電子顕微鏡 10 を示すものである。この電子顕微鏡 10 は、荷電粒子ビームである電子ビームを直線光軸 10 A 上に沿って放射する電子銃（荷電粒子ビーム源）11 と、この放射された電子ビームを収束する第 1 収束レンズ 12 と、第 2 収束レンズ 13 と、試料 18 に向けて電子ビームを照射する対物レンズ 14 と、第 2 収束レンズ 13 と対物レンズ 14 との間に設けられた荷電粒子ビーム反射器 20 と、この荷電粒子ビーム反射器 20 と対物レンズ 14 との間に設けられ且つ電子ビームを走査するための偏光器 15、16 と、資料 18 と対物レンズ 14 との間に設けられた二次電子検出器 17 等とを備えている。

【0014】

電子銃 11 は、例えば 1 ~ 3 kV の加速電圧で電子ビームを放射するものである。

10

【0015】

荷電粒子ビーム反射器 20 は、互いに所定距離隔てて直線光軸 10 A 上に配置された第 1、第 2 静電ミラー 21、22 を有している。

【0016】

第 1 静電ミラー 21 は、電子銃 11 側に配置された第 1 電極 21 A と、この第 1 電極 21 A の電位より低い電位となる電圧が印加される第 2 電極 21 B と、第 1、第 2 電極 21 A、21 B に形成され且つ直線光軸 10 A 上に沿って放射された荷電粒子ビームを通過させる通過穴 21 a とを有している。同様に、第 2 静電ミラー 22 は、第 1 電極 22 A と、この第 1 電極 22 A の電位より低い電位となる電圧が印加される第 2 電極 22 B と、第 1、第 2 電極 22 A、22 B に形成され且つ直線光軸 10 A 上に沿って放射された荷電粒子ビームを通過させる通過穴 22 a とを有し、第 1、第 2 静電ミラー 21、22 の第 2 電極 21 B、22 B は互いに相対向している。なお、第 1 電極 21 A、22 A はアースしてもよい。

20

【0017】

そして、第 1、第 2 静電ミラー 21、22 の印加電圧は制御装置 30 によって制御され、この制御装置 30 と荷電粒子ビーム反射器 20 とで荷電粒子ビーム反射装置が構成される。

[動作]

次に、上記のように構成される電子顕微鏡 10 の動作を図 2 に示すタイムチャートに基づいて説明する。

30

【0018】

電子銃 11 から直線光軸 10 A 上に沿って荷電粒子である電子ビームが放射され、この電子ビームが第 1、第 2 収束レンズ 12、13 を通過して荷電粒子ビーム反射器 20 の第 1 静電ミラー 21 に到達する以前（第 1 タイミング）に、制御装置 30 は、第 1 静電ミラー 21 に加速電圧値より大きき（絶対値）が小さい通過電圧 V_{1T} を印加して、電子ビームを第 1 静電ミラー 21 の通過穴 21 a を通過させる。

【0019】

第 1 静電ミラー 21 の通過穴 21 a を通過した電子ビームが第 2 静電ミラー 22 に到達する以前（第 2 タイミング）に、制御装置 30 は、第 2 静電ミラー 22 に加速電圧値より大きき（絶対値）が大きい反射電圧 V_{2R} を印加して、電子ビームを第 2 静電ミラー 22 で反射させる。

40

【0020】

第 2 静電ミラー 22 で反射された電子ビームが第 1 静電ミラー 21 に到達する以前（第 3 タイミング）に、制御装置 30 は、第 1 静電ミラー 21 に加速電圧値より大きき（絶対値）が大きい反射電圧 V_{1R} を印加して、電子ビームを第 1 静電ミラー 21 で反射させる。

【0021】

第 1 静電ミラー 21 で反射された電子ビームが第 2 静電ミラー 22 に到達する以前（第 4 タイミング）に、制御装置 30 は、第 2 静電ミラー 22 に加速電圧値より大きき（絶対値）が小さい通過電圧 V_{2T} を印加して、電子ビームを第 2 静電ミラー 22 の通過穴 22

50

a を通過させる。

【 0 0 2 2 】

これら一連の動作を繰り返すことにより、荷電粒子ビーム反射器 2 0 から電子ビームが所定周期毎にパルス P 状に射出されていく。

【 0 0 2 3 】

ここで、図 2 に示す時間 t_1 は、電子ビームが第 1 静電ミラー 2 1 を通過してから第 2 静電ミラー 2 2 へ到達する時間に、時間 t_2 は電子ビームが第 2 静電ミラー 2 2 で反射されてから第 1 静電ミラー 2 1 へ到達する時間に、時間 t_3 は電子ビームが第 1 静電ミラー 2 1 で反射されてから第 2 静電ミラー 2 2 へ到達する時間に相当している。時間 $t_1 \sim t_3$ は、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 間の距離と、この第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 間を通過する電子のエネルギーにより変わってくる。なお、 $t_1 \sim t_3$ の時間のオーダーは例えばピコ秒またはナノ秒である。

10

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すタイムチャートでは、時間 t_1 と時間 t_2 との間に第 1 静電ミラー 2 1 へ通過電圧 V_{1T} が印加され、時間 t_2 と時間 t_3 との間に第 2 静電ミラー 2 2 へ反射電圧 V_{2R} が印加されているが、連続的に印加せずにパルス状（断続的）に印加してもよい。

【 0 0 2 5 】

偏向器 1 5 , 1 6 の印加電圧は、荷電粒子ビーム反射器 2 0 電子ビーム（パルス P）が射出されるタイミングおよびそのパルス P 幅に合わせて制御され、その電子ビームは対物レンズ 1 4 を介して試料 1 8 を照射しながら走査していく。すなわち、パルス P 幅と水平走査期間とを一致させ、パルス P とパルス P との間の期間 T_1 をその水平走査のブランキング期間に合わせることで、電子ビームを効率良く試料 1 8 上を走査させることができる。

20

【 0 0 2 6 】

ところで、荷電粒子ビーム反射器 2 0 内では、電子ビームが第 1 静電ミラー 2 1 と第 2 静電ミラー 2 2 との間で反射されるだけであるから、ミラーの特徴である回転対称系を維持し、しかもフリンジングの影響による高次の収差を発生させずに、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 の反射によって対物レンズ 1 4 等で発生する色収差および球面収差を補正することができる。

【 0 0 2 7 】

30

色収差は、速度が大きい電子ほど静電ミラーの領域に到達して反射されるまでの移動時間が長くなり、静電ミラーによる作用を強く受けることにより補正することができる。

【 0 0 2 8 】

また、球面収差に関しては、電子レンズの場合、光軸外の方がレンズアクションが強く正の球面収差が生じるが、静電ミラーの場合、光軸に近い方がレンズアクションが強く負の球面収差が生じるので、電子レンズの球面収差を静電ミラーで補正することができる。

【 0 0 2 9 】

この第 1 実施例では、電子ビームを第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 で 1 回づつ反射させているが、複数回反射させるようにしてもよい。

40

[第 2 実施例]

図 3 は荷電粒子ビーム反射装置を設けた透過型の電子顕微鏡 5 0 を示したものであり、この電子顕微鏡 5 0 は、荷電粒子ビームである電子ビームを直線光軸 5 0 A 上に沿って放射する電子銃 5 1 と、この放射された電子ビームを収束する第 1 収束レンズ 5 2 および第 2 集束レンズ 5 7 と、対物レンズ 5 3 と、中間レンズ 5 6 と、投影レンズ 5 4 と、蛍光板 5 5 と、対物レンズ 5 3 と中間レンズ 5 6 との間に設けられた荷電粒子ビーム反射器 2 0 等とを備えている。なお、蛍光板 5 5 は、CCD 検出器でもよい。

【 0 0 3 0 】

図 3 では、対物レンズ 5 3 と中間レンズ 5 6 との間に静電ミラー補正系である荷電粒子ビーム反射器 2 0 を配置しているが、中間レンズ 5 6 と投影レンズ 5 4 との間に配置してもよい。

50

【 0 0 3 1 】

また、第 1 実施例と同様に、ブランキング期間がある場合は、2つのパルス間の期間をブランキング期間に合わせるように設定することにより、電子ビームを効率よく試料 1 8 に照射することができる。

【 0 0 3 2 】

この電子顕微鏡 5 0 も第 1 実施例と同様にフリンジングの影響による高次の収差を発生させずに、対物レンズ 5 3 の色収差および球面収差を補正することができる。

[第 3 実施例]

図 4 は他の例の荷電粒子ビーム反射器 1 2 0 の構成を示したものである。

【 0 0 3 3 】

10

この荷電粒子ビーム反射器 1 2 0 は、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 の外周囲に、全体を負の電位にして、静電ミラー系の内部を通過する電子の速度を減速させる減速器 1 2 3 (図 1 , 図 3 参照) を配置したものである。減速器 1 2 3 の前後には電子ビームを通過させる通過穴 1 2 1 a を有するアース電極 1 2 1 と、電子ビームを通過させる通過穴 1 2 2 a を有するアース電極 1 2 2 とが配置されている。

【 0 0 3 4 】

減速器 1 2 3 には、電子銃 1 1 , 5 1 の加速電圧とほぼ等しい一定の電圧 V_3 を印加させて、ミラー系全体を加速電圧とほぼ等しい電位にするとよい。このようにすることにより、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 の反射作用をより低い電圧で実現することができ、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 による電子ビームの反射や通過の高速処理が可能となる。

20

【 0 0 3 5 】

上記実施例ではいずれも二段の静電ミラーを用いた例を示したが、これに限らず、3段以上の静電ミラーを使用して電子ビームを3回以上反射させる構成にしてもよい。

【 0 0 3 6 】

また、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 は、電極が1つの場合の例を示したが、複数の電極を有する静電ミラーであってもよい。また、磁場が重畳されるように構成された電極を用いてもよい。

【 0 0 3 7 】

荷電粒子ビーム反射器 2 0 は、図 1 または図 3 に示す部分に限らず、基本的にどの部分に組み込んでもよいが、補正の効果が最もよいところ、すなわち対物レンズに最も近いところに組み込むのがよい。

30

【 0 0 3 8 】

なお、収差を補正する装置として多極子 (例えば 6 極子) を用いる装置が知られているが、本発明の荷電粒子ビーム反射装置は、6 極子と組み合わせて用いてもよい。多極子に用いる系による色収差補正に関しては、球面収差補正により 1 桁以上高い、厳しい精度が要求される。そこで、本発明の荷電粒子ビーム反射装置で色収差を補正し、多極子を用いる系で球面収差を補正するなど、2種類の補正装置を組み合わせて用いてもよい。

【 0 0 3 9 】

上記実施例では、荷電粒子として電子線を用いる例を示したが、陽子線やイオンビームなどにも適用できる。陽子線のようなプラスの電荷を帯びた荷電粒子ビームを用いる際は、第 1 , 第 2 静電ミラー 2 1 , 2 2 の第 2 電極 2 1 B , 2 2 B の電位をプラスにし、第 1 電極 2 1 A , 2 2 A の電位より高くする必要がある。

40

【 0 0 4 0 】

上記実施例では、いずれも走査型や透過型の電子顕微鏡に組み込む荷電粒子ビーム反射装置について説明したが、これに限らず、荷電粒子ビームを用いた半導体製造・検査装置、電子線露光装置、イオン注入装置などに組み込むことも可能である。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 1 】

【 図 1 】 この発明に係る電子顕微鏡の第 1 実施例の構成を示した説明図である。

50

【図2】図1に示す荷電粒子ビーム反射器の動作を示したタイムチャートである。

【図3】第2実施例の電子顕微鏡の構成を示した説明図である。

【図4】第3実施例の電子顕微鏡の構成を示した説明図である。

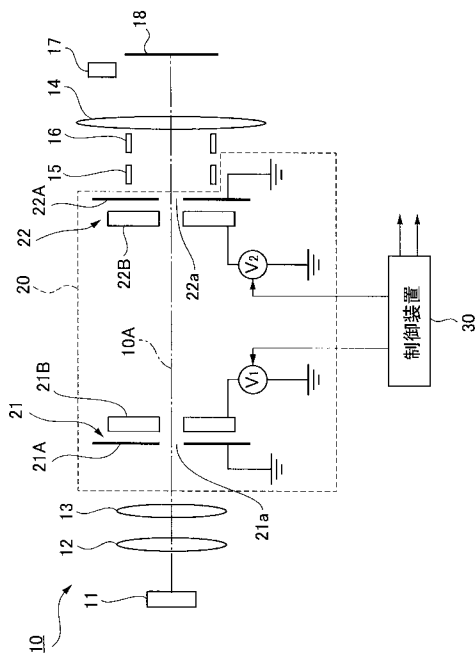
【符号の説明】

【0042】

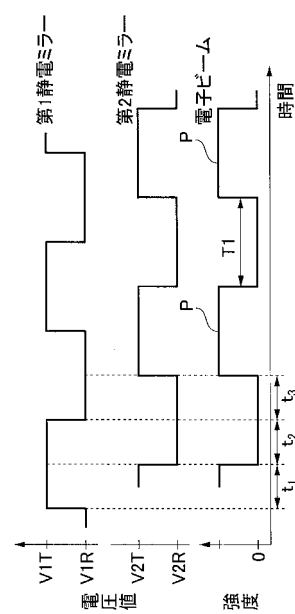
- 10 電子顕微鏡
- 10A 直線光軸
- 11 電子銃（荷電粒子ビーム源）
- 21 第1静電ミラー
- 21a 通過穴
- 22 第2静電ミラー
- 22a 通過穴
- 30 制御装置（電圧制御部）

10

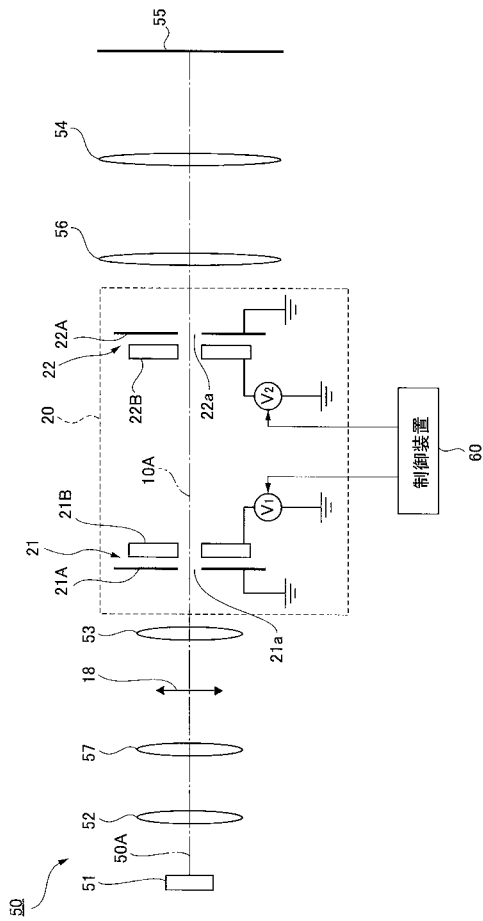
【図1】



【図2】



【図 3】



【図 4】

