

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5373329号
(P5373329)

(45) 発行日 平成25年12月18日(2013.12.18)

(24) 登録日 平成25年9月27日(2013.9.27)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 4 1 B
GO 3 F	7/20	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 4 1 E
HO 1 J	37/305	(2006.01)	GO 3 F	7/20 5 0 4
			HO 1 J	37/305 B

請求項の数 4 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2008-182478 (P2008-182478)	(73) 特許権者	000004271
(22) 出願日	平成20年7月14日 (2008.7.14)		日本電子株式会社
(65) 公開番号	特開2010-21462 (P2010-21462A)		東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号
(43) 公開日	平成22年1月28日 (2010.1.28)	(74) 代理人	100085187
審査請求日	平成23年5月6日 (2011.5.6)		弁理士 井島 藤治
		(72) 発明者	後藤 和也
			東京都昭島市武蔵野3丁目1番2号 日本電子株式会社内
		審査官	宮川 数正

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム描画装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子ビームを出射する光源と、
 該光源からの荷電粒子ビームを偏向するブランカーと該荷電粒子ビームを集束する第1のレンズより構成される第1の荷電粒子ビーム制御手段と、
 該第1の荷電粒子ビーム制御手段を通過した荷電粒子ビームを受ける第1の成形開口板と、
 該第1の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを集束する第2のレンズと、
 該第2のレンズを通過した荷電粒子ビームを受ける第2の成形開口板と、
 該第2の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを受けるブランキング開口板と、
 該ブランキング開口板を通過した荷電粒子ビームを集束・偏向するレンズ・偏向器より構成される第2の荷電粒子ビーム制御手段と、
 を具備し、
 該第2の荷電粒子ビーム制御手段の出力で材料上に投影図形を照射するように構成され、

かつ、前記第1の成形開口板と前記第2のレンズとの間に第1の光源の像を結び、前記ブランキング開口板の位置またはその前後近傍に第2の光源の像を結ぶように構成され、
 前記ブランカー及び第1のレンズより前段に、前記第2の成形開口板の開口の前記第1の成形開口板への写像と、前記第1の成形開口板の開口とを重ねてできる開口の大きさ、前記ブランキング開口板の開口の大きさから決められた大きさの開口を有する制限開口

10

20

板が設けられ、

該制限開口板と前記ブランキング開口板の開口は円形とし、前記制限開口板の開口半径 a_1 は次式に従わせることを特徴とする荷電粒子ビーム描画装置。

【数 1】

$$a_1 = \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right)$$

10

ここで、 a_2 は前記第 2 の成形開口板の開口の前記第 1 の成形開口板への写像と、前記第 1 の成形開口板の開口とを重ねてできる開口に外接する円の半径、 a_3 は前記ブランキング開口板の開口半径、 $h(z)$ は $h(z_0) = 0$ かつ $h'(z_0) = 1$ ($h'(z) = d h(z) / dz$) となる軌道、 $s(z)$ は $s(z_0) = 1$ かつ $s(z_2) = 0$ となる軌道、 z_0 は光源の Z 座標、 z_1 は前記制限開口板の Z 座標、 z_2 は前記第 1 の成形開口板の Z 座標、 z_3 は前記ブランキング開口板の Z 座標を示す。

【請求項 2】

V をブランキング偏向電圧として $|V|$ は次式に従わせることを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【数 2】

$$|V| = \left(2 \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + 2a_3 + e \right) / |d(z_3)|$$

30

ここで、 $e (> 0)$ は $|V| = 0$ の時に前記ブランキング開口板の位置で測定されうる、ブランキング開口板の開口中心からの、荷電粒子ビームのドリフトの最大値、 $d(z)$ は単位ブランキング偏向電圧に対するブランキング偏向軌道を示す。

【請求項 3】

前記光源はカソード及びアノードを有する電子銃のアノードより前段に位置するものとし、該アノードの直後に前記制限開口板を配置することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の荷電粒子ビーム描画装置。

【請求項 4】

前記第 1 のレンズの像側焦点を前記第 1 の成形開口板より前段に位置させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の荷電粒子ビーム描画装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は荷電粒子ビーム描画装置に関し、更に詳しくはレジスト（感光材料）を塗布した被描画材料に半導体集積回路パターン等の微細パターンを描画するにあたり、ブランキング時のビーム漏れを防ぐことができるようにした荷電粒子ビーム描画装置に関する。

【背景技術】

【0002】

図 13 は荷電粒子ビーム描画装置の構成例を示す図であり、ここでは可変成形電子ビー

50

ム描画装置の構成例を示している。従来のこの種の装置として、加速電圧50kVで電流密度が20A/cm²のものが開発されている(例えば非特許文献1参照)。先ず、図13に示すように、電子ビーム1が第1のレンズ(照射レンズ)2を介して第1の成形開口板3に照射される。光源4としては、一般的には、電子銃の直後に形成されるクロスオーバを考えればよい。光源4の像5は、第1の成形開口板3の下に結ばれる。

【0003】

次いで、第1の成形開口板3の像が第2のレンズ(成形レンズ)6により第2の成形開口板7上に投影される。そして、第1の成形開口板3の像が第2のレンズ6により第2の成形開口板7上に投影され、第1の成形開口板3の開口の像と第2の成形開口板7の開口との重なり(論理積)で決定される図形が縮小レンズ8と対物レンズ9を介して、レジスト(感光材料)を塗布した材料10に投影される。

10

【0004】

その結果、レジストが感光する。即ち、投影図形11が材料10に転写される。従って、投影図形11の形状と寸法、及び位置を制御することで、材料10上に所望のパターンを描画することかできる。

【0005】

投影図形11の形状と大きさを制御するには、成形偏向器12を用いる。該成形偏向器12により電子ビーム1を偏向し、第1の成形開口板3の開口の像を第2の成形開口板7の開口に対して移動させる。投影図形11の位置を制御するには対物偏向器13と材料ステージ(図示せず)を併用する。対物偏向器13の偏向可能領域(偏向フィールド)には制限があるため、先ず材料ステージによりステップの大きな位置決めを行ない、その上で対物偏向器13よりステップの小さな位置決めを行なう。なお、成形偏向器12及び対物偏向器13としては、偏向速度を速くするため、静電偏向器が用いられる。

20

【0006】

投影図形11が常時材料10上に投影されているのは、一筆書きの図形しか描画できないため、一般の図形の描画には、電子ビーム1の遮断制御(ブランキング)が必要となる。図13に示す光学系では、ブランカー14,15によりこの遮断制御を行っている。より詳細には、先ずブランカー14,15を働かせ、電子ビーム1を遮断してから、成形偏向器12と対物偏向器13を働かせ、投影図形11の形状と寸法、及び位置を決定した後に、ブランカー14,15による電子ビーム1の遮断を解除し、投影図形11を材料10上に投影する。所定の時間だけ露光を行なうと、再び電子ビーム1を遮断する。なお、ブランカー14,15も動作(偏向)速度を高速とするため、静電偏向器となっている。

30

【0007】

ブランカー14,15によるブランキングは、第2の光源の像16がブランキング開口板17に対して移動することによって行われている。第2の光源の像16は、第1の光源の像5の、第2のレンズ6による写像である。ブランキング開口板17は、第2の光源の像16と同じ高さに挿入されている。

【0008】

図14に示すようにブランカー14,15を働かせると、第1の光源の像5は光軸に対して垂直方向に移動し、それと同時に第2の光源の像16も光軸に対して垂直方向に移動する。この時、第2の光源の像16の移動距離が十分大きければ、ブランキング開口板17により電子ビーム1が遮られる。なお、図13,図14に示すようにブランカー14,15の位置を第1の成形開口板3より上方としているのは、ブランキングと共に投影図形11の形状や寸法、及び位置が変化しないようにするためである。

40

【0009】

言い換えると、投影図形11と、第1及び第2の成形開口3,7とは共役の関係(像面と物面の関係)にあるので、これらの間でビームを偏向しない限り、第1及び第2の成形開口3,7の像は移動しない。

【0010】

ブランカー14,15の連動比(上下ブランカーの強度比)は、ブランキング時の電子

50

ビーム 1 の偏向支点 1 8 が第 1 の成形開口板 3 の高さ位置に一致するように、即ち第 1 の成形開口板 3 の照射領域がブランキングの際に移動しないように決められている（例えば特許文献 1 参照）。例えば、第 1 の成形開口板 3 の位置を第 1 のレンズ 2 の像側焦点の位置に一致させれば、ブランカー 1 4 , 1 5 の運動比を 1 : - 1（偏向角の大きさを等しく、向きを逆）とすればこの条件が満たされる。

【 0 0 1 1 】

この条件を満たす第 1 の目的は、ブランキングに伴い投影図形 1 1 の電流密度分布が変わるのを防ぐことである。もし、投影図形 1 1 の電流密度分布が変わると、投影図形 1 1 内の露光量分布が変わり、これが投影図形 1 1 の位置や寸法の変化即ち描画誤差となって現れる。更には、同図形の寸法制御性（線形性）が悪化する。なお、ブランキング時でなくとも、同じ理由から投影図形 1 1 の電流密度分布は均一であることが求められる。

10

【 0 0 1 2 】

上記条件を満たす第 2 の目的は、ビーム照射により発熱している第 1 の成形開口板 3 の温度分布を一定に保つことである。第 1 の成形開口板 3 には、照射ビームの電流量によっては、無視できない程度の熱変形が生じている。第 1 の成形偏向板 3 が熱平衡状態にあれば温度分布は一定に保たれているが、ブランキングの際に第 1 の成形開口板 3 の照射領域が移動すると、平衡状態が崩れ、その結果、開口の位置や大きさが変化する。これも描画誤差となって現れる。

【 0 0 1 3 】

ところで、ブランキングの性能（漏れビームの少なさ）は、ブランキング偏向距離（ブランキング開口板 1 7 上での第 2 の光源の像 1 6 の移動距離）と、ブランキング開口板 1 7 の位置における第 2 の光源の像 1 6 の分布と、ブランキング開口板 1 7 の開口径で決まる。第 2 の光源の像 1 6 の電流密度分布は、クロスオーバの電流密度分布（例えばガウシアン分布）を反映しており、一般的に図 1 5 の（ a ）に示すように、その中央部（軸上）において電流密度が最も高い。

20

【 0 0 1 4 】

その電流密度分布は Z 軸からの距離（半径）が大きくなるにつれて弱くなるが、零にはならない。ブランキング時には図 1 5 の（ b ）に示すように、第 2 の光源 1 6 の裾を形成している電流成分がブランキング開口板 1 7 の開口を通過する。このため、ブランキングが施されていても、電子顕微鏡直下に材料があると、漏れビームにより材料が感光する。その結果、材料にその痕が残ったり、露光量過多により転写図形の寸法が大きくなったりする。

30

【 0 0 1 5 】

なお、ブランキングの性能は、ブランキング開口板 1 7 の開口に対する光源の像 1 6 の偏りにも依存する。若し成形偏向により同偏りが変化すると、ブランキングの性能が投影図形 1 1 の形状や寸法に依存することになるため、成形偏向は、第 2 の光源 1 6 が移動しないように行なうとよい。この目的のため、成形偏向器 1 2 は多段構成（図示せず）にするとよい。このようなブランキング時のビーム漏れを低減するには、ブランキング偏向距離を大きく、ブランキング開口板 1 7 上における第 2 の光源の像 1 6 の分布を狭くし、ブランキング開口板 1 7 の開口径を小さくするとよい。

40

【 0 0 1 6 】

ところが、ブランキング偏向距離を無制限に大きくすることはできない。先ず、ブランカー 1 4 , 1 5 の高速化のため、同ブランカーに印加する偏向電圧はできる限り低くすることが求められる。しかしながら、偏向電圧を下げると、ブランキング偏向距離が小さくなる。また、防振やメンテナンス性の点から、ブランカーを含む電子鏡筒は小型であることが望ましいが、その小型化を押し進めると、ブランカーの長さは短かくならざるをえず、その結果、ブランキング偏向距離は小さくなる。

【 0 0 1 7 】

また、ブランキング開口板 1 7 の開口径を無制限に小さくすることもできない。同開口は材料 1 0 上におけるビーム収束角を制限する開口としての働きも持つため、同開口をあ

50

まり小さくしすぎると、材料10上における電流密度が減少する。更には、同開口のエッジからビームまでの距離が短くなり、同開口のエッジに付着するコンタミの帯電により発生するビームドリフト（投影図形11の位置ずれとなる）がより顕著になる。

【0018】

従って、ブランキング偏向距離をあまり大きくすることなく、かつブランキング開口板17の開口径をあまり小さくすることなくビーム漏れを防ぐ手法、即ちブランキング開口板17上における第2の光源の像16の分布を狭くしてビーム漏れを防ぐ手法が望まれる。そのような方法としては、図16に示すように、一旦光源4の像20をレンズにより制限開口板19上に投影して像20の裾を制限し、像20を改めて光源として扱う方法が知られている（例えば特許文献2参照）。このようにすれば、以降の光学系において結ばれる光源の像は、同様に裾の制限されたものとなる。

10

【0019】

なお、像20の裾を制限することは、ブランキングが施されていない状態で、材料10上において収束角の大きなビーム成分、即ち収差の大きなビーム成分を除去することに相当するため、この手法は電流密度の減少が問題とされない範囲で、投影図形11の解像度の向上にも寄与し得る（例えば特許文献3参照）。同様の理由から、ブランキング開口板17も、ブランキングが施されていない状態で第2の光源の像16の裾を制限することにより、投影図形11の解像度を決定している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0021】

従来の可変成形電子ビーム描画装置の光学系は、クロスオーバの裾のことをあまり考慮せずに設計されていた。クロスオーバの裾の制限よりは、ブランカーの高速化や小型化が優先された。その結果、ブランキング偏向距離が小さくなり、その代償として、ビーム漏れ低減のためにブランキング開口を小さくせざるを得なかった。

【0022】

即ち、同開口のエッジに付着するコンタミの帯電に起因するビームドリフトが大きくなるという問題が避けられなかった。又は、ビームドリフト低減のためにブランキング開口を十分に小さくできなかったため、ビーム漏れの問題が残った。なお、今後は、描画パターンの微細化に伴い、より高い描画精度が求められるため、ビーム漏れ、即ち露光量過多によるパターン寸法の増大はますます無視できなくなる。

30

【0023】

クロスオーバ像の裾を制限するために特許文献2の手法が有効であるが、同手法を用いると、ベルシェ効果（電子のエネルギー分散が増えること）により電子のエネルギー分散が増えるという別の問題が発生する。これは、像20（図16参照：像20において電流密度が高い）を結ぶためにレンズによりビームを収束した結果である。

【0024】

更には、光源4から像20までの距離の分だけ光学系が長くなることによっても、同エネルギー分散の増加が助長される。同エネルギー分散は、以降の光学系において、色収差に寄与するため、材料10上におけるビームぼけを大きくし、解像度や描画精度を損なってしまう。

40

【0025】

本発明はこのような点に鑑みてなされたものであって、荷電粒子ビーム描画装置において、新たにビームを収束してクロスオーバ像を結ぶことなく、即ちそれによるベルシェ効果を起こすことなく、クロスオーバ像の裾を制限することができる荷電粒子ビーム描画装置を提供することを目的としている。但し、その際、投影図形11の電流密度分布に対して影響を及ぼさないことを条件とする。

【課題を解決するための手段】

【0026】

（1）請求項1記載の発明は、荷電粒子ビームを出射する光源と、該光源からの荷電粒

50

子ビームを偏向するブランカーと該荷電粒子ビームを集束する第1のレンズより構成される第1の荷電粒子ビーム制御手段と、該第1の荷電粒子ビーム制御手段を通過した荷電粒子ビームを受ける第1の成形開口板と、該第1の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを集束する第2のレンズと、該第2のレンズを通過した荷電粒子ビームを受ける第2の成形開口板と、該第2の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを受けるブランキング開口板と、該ブランキング開口板を通過した荷電粒子ビームを集束・偏向するレンズ・偏向器より構成される第2の荷電粒子ビーム制御手段とを具備し、該第2の荷電粒子ビーム制御手段の出力で材料上に投影図形を照射するように構成され、かつ、前記第1の成形開口板と前記第2のレンズとの間に第1の光源の像を結び、前記ブランキング開口板の位置またはその前後近傍に第2の光源の像を結ぶように構成され、前記ブランカー及び第1のレンズより前段に、前記第2の成形開口板の開口の前記第1の成形開口板への写像と、前記第1の成形開口板の開口とを重ねてできる開口の大きさと、前記ブランキング開口板の開口の大きさから決められた大きさの開口を有する制限開口板が設けられ、該制限開口板と前記ブランキング開口板の開口は円形とし、前記制限開口板の開口半径 a_1 は次式に従わせることを特徴とする。

10

【数1】

$$a_1 = \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right)$$

20

ここで、 a_2 は前記第2の成形開口板の開口の前記第1の成形開口板への写像と、前記第1の成形開口板の開口とを重ねてできる開口に外接する円の半径、 a_3 は前記ブランキング開口板の開口半径、 $h(z)$ は $h(z_0) = 0$ かつ $h'(z_0) = 1$ ($h'(z) = dh(z)/dz$) となる軌道、 $s(z)$ は $s(z_0) = 1$ かつ $s(z_2) = 0$ となる軌道、 z_0 は光源のZ座標、 z_1 は前記制限開口板のZ座標、 z_2 は前記第1の成形開口板のZ座標、 z_3 は前記ブランキング開口板のZ座標を示す。

30

(2) 請求項2記載の発明は、 V をブランキング偏向電圧として $|V|$ は次式に従わせることを特徴とする。

【数2】

$$|V| = \left(2 \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + 2a_3 + e \right) / |d(z_3)|$$

40

ここで、 $e (> 0)$ は $|V| = 0$ の時に前記ブランキング開口板の位置で測定されうる、ブランキング開口板の開口中心からの、荷電粒子ビームのドリフトの最大値、 $d(z)$ は単位ブランキング偏向電圧に対するブランキング偏向軌道を示す。

【0027】

(3) 請求項3記載の発明は、前記光源はカソード及びアノードを有する電子銃のアノードより前段に位置するものとし、該アノードの直後に前記制限開口板を配置することを特徴とする

【0029】

(4) 請求項4記載の発明は、前記第1のレンズの像側焦点を前記第1の成形開口板よ

50

り前段に位置させることを特徴とする。

【発明の効果】

【0035】

(1) 請求項1記載の発明によれば、荷電粒子ビーム描画装置において、新たにビームを収束してクロスオーバ像を結ぶことなく、即ちそれによるベルシェ効果を起こすことなく、かつ材料上の投影図形の電流密度分布を変えることなく、クロスオーバ像の裾を制限することができる荷電粒子ビーム描画装置を提供することができる。

(2) 請求項2記載の発明によれば、ブランキング時にビーム漏れを起こさない最小のブランキング偏向電圧でビームを遮断することができる。

【0036】

(3) 請求項3記載の発明によれば、クロスオーバ像の裾に対する制限を強めることができる。

【0037】

(4) 請求項4記載の発明によれば、クロスオーバ像の裾に対する制限を強めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

(実施の形態1)

図1は本発明に係る荷電粒子ビーム装置の一実施の形態を示す構成図である。ここでは、荷電粒子ビームとして電子ビームを用いた場合を示している。図13にて使用された記号と同一記号が付されたものは同一構成要素である。図1に示す構成図は、基本的には図13に示す構成図と同じであるが、制限開口板21をブランカー14, 15の前段に挿入した点が異なっている。

【0040】

制限開口板21の挿入位置は、より詳細には図2に示すようにアノード23より後段とする。図2は光源の詳細構成例を示す図である。図において、4は光源、4'は仮想光源、21は制限開口板、22はカソード、23はアノードである。制限開口板21の挿入位置をアノード23より前段としないのは、カソード22からアノード23までの領域では、強い電場がかかっており、その電場を乱すことなく制限開口板21を挿入するためには、挿入位置に応じた電圧を制限開口板21に印加しなくてはならないためである。

【0041】

更には、放電を防ぐため、制限開口板21の表面の平滑化が新たに必要となるためである。また、同挿入位置をブランカー14, 15の後段としないのは、電子ビーム1に対する制限開口板21の位置(偏心)がブランキングにより変わるのを防ぐためである。

【0042】

なお、図2に示すように、カソード22からアノード23までの領域においては、同領域における電場のレンズ作用のため、光線は直線的にはならないが、仮想光源4'(そのレンズ作用によるクロスオーバの写像)を改めて光源4として扱えば、そこから制限開口21までの光線を直線として扱うことができる。ただし、以下の説明で用いる数式は、光源4を実際のクロスオーバとしても、仮想光源4'としても有効である。

【0043】

また、第1及び第2のレンズ2, 6の中心、光源4の中心、制限開口板21の開口中心、ブランキング開口板17の開口中心、円25の中心、及び円25の第2の成形開口板7への写像の中心はZ軸上にあるものとする。ここで、制限開口板21とブランキング開口板17の開口は円形とし、第1及び第2の成形開口板3, 7の開口は矩形とする。

【0044】

第1の成形開口板3の開口と開口24及び円25との関係を図3に示す。図中において、円25は第2の成形開口板7の開口7'の、第1の成形開口板3への写像と、第1の成形開口板3の開口3'とを重ねてできる開口(論理積)24に外接する円である。なお、

10

20

30

40

50

成形偏向器 12 を働かせると、開口 24 及び円 25 の寸法が変化し、更にそれらの中心がずれるが、開口 24 及び円 25 としては、最大寸法のものと考えればよい（ブランキング時のビーム漏れを防ぐ条件が安全側に決定される）。このように構成された装置の動作を説明すれば、以下の通りである。

【0045】

特許文献 2 に記載の手法では、クロスオーバ像 20（図 16 参照）の裾を制限開口板 19 により直接制限していたが、本発明では、クロスオーバ像（第 2 の光源の像 16）の裾を制限開口板 21 と円 25（つまり第 1 及び第 2 の成形開口板 3, 7）との連携により、間接的に制限する。また、以降では、像面でなく物面（光源 4、即ちクロスオーバのある面）と開口のある面とを用いて検討を進めるので、クロスオーバ像及びその裾の制限より

10

【0046】

制限開口板 21 は、クロスオーバの裾を制限する以前に、第 1 の成形開口板 3 の照射領域（第 1 の成形開口板 3 における電子ビーム 1 の収束角に対応する）を直接制限するので、先ず開口 24 内に限なく電子が行き渡る条件を定める。開口 24 内に限なく電子が行き渡るためには、光源 4 の中心を起源とし、円 25 を通過する光線の集合即ちビームが、同じく光源 4 の中心を起源とし、制限開口板 21 を通過するビームに含まれればよいから、この条件は

20

$$h(z_2) / h(z_1) \cdot a_1 \leq a_2$$
 即ち

$$a_1 \leq h(z_1) / h(z_2) \cdot a_2 \quad (1)$$
と表せる。ここで、 a_1 は制限開口板 21 の開口半径、 a_2 は円 25 の半径、 $h(z)$ は $h(z_0) = 0$ かつ $h'(z_0) = 1$ ($h'(z) = dh(z) / dz$) となる軌道である。図 4 は第 1 の成形開口板 3 の照明を示す図である。横軸は Z 軸で、制限開口板 21 と第 1 の成形開口板 3 と、第 2 の成形開口板 7 とブランキング開口板 17 がこの順に並んでいる。図 5 は $h(z)$ と $s(z)$ と $d(z)$ の軌道を示す図である。なお、 $s(z)$ 及び $d(z)$ 軌道については後述する。 z_0 は光源 4 の Z 座標（物面の Z 座標）、 z_1 は制限開口板 21 の Z 座標、 z_2 は第 1 の成形開口板 3 の Z 座標を示す。

30

【0047】

なお、 $h(z)$ 軌道（及び後述の $s(z)$ 軌道）は、簡単には回転座標（磁場による電子軌道の回転とともに Z 軸を中心に回転する座標）に基づくものとするればよいが、より一般性を持たせるため、固定座標に基づくものとしてもよい。

余分なビーム電流の削減という観点からは、 a_1 は (1) 式より決まる a_1 の下限値

$$a_{1min} = h(z_1) / h(z_2) \cdot a_2 \quad (2)$$

に対して大きすぎない方がよい。ビーム電流が増えると、第 1 の成形開口板 3 の温度上昇（熱変形）の他、ベルシェ効果や、電子鏡筒内のコンタミ付着・帯電がより顕著になるからである。しかしながら、 $a_1 = a_{1min}$ とすると、光源 4 の中心以外の点を起源とする光線は、その射出角によっては、制限開口板 21 によりけられる（通過できない）。その結果、投影図形 11 の電流密度分布の均一性が損なわれる。従って、 $a_1 > a_{1min}$ とするのがよい。

40

【0048】

この観点から a_1 について検討を進めると、次のようになる。先ず物面において Z 軸を中心とする半径 a_0 の円周を起源とし、円 25 を通過した光線が全てブランキング開口板 17 を通過する条件は、

$$s(z_3) \leq a_0 + h(z_3) / h(z_2) \cdot a_2 \leq a_3 \quad (3)$$

である。図 6 はブランキング開口板 17 の通過を示す図である。即ち、

【0049】

【数 3】

$$a_0 = \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) / |s(z_3)| \quad (4)$$

【0050】

を満たす a_0 を半径とする円の内部を起源とし、円 25 を通過する光線は、全てブランキング開口板 17 を通過するが、 a_0 を半径とする円の外部を起源とし、円 25 を通過する光線は、ブランキング開口板 17 によりけられる可能性がある。ここで、 a_3 はブランキング開口板 17 の開口半径、 z_3 はブランキング開口板 17 の Z 座標、 $s(z)$ は $s(z_0) = 1$ かつ $s(z_2) = 0$ となる軌道を示す (図 5 参照)。同様に、物面において Z 軸を中心とする半径 a_0 の円周を起源とし、円 25 を通過する光線がその前に全て制限開口板 21 を通過する条件は、

10

【0051】

【数 4】

$$|s(z_1)| \cdot a_0 + \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \leq a_1 \quad (5)$$

20

【0052】

であり、

【0053】

【数 5】

$$a_0 = \left(a_1 - \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) / |s(z_1)| \quad (6)$$

30

【0054】

を満たす a_0 を半径とする円の外部を起源とし、円 25 を通過する光線は、その前に制限開口板 21 によりけられる可能性がある。図 7 は制限開口板 21 の通過を示す図である。

(4) 式と (6) 式より、

【0055】

【数 6】

$$a_1 = \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) \quad (7)$$

40

【0056】

が得られる。(7) 式を満たすように a_1 を選べば、 a_0 を半径とする円の外部を起源とし、円 25 を通過し、かつブランキング開口板 17 によりけられうる光線は、必ず円 25 を通過する以前に制限開口板 21 によりけられることになる。

【0057】

一方、ブランキング開口板 17 を通過する光線に対しては、制限開口板 21 は影響を及ぼすことはない。即ち、(7) 式は投影図形 11 の電流密度分布に対し影響が及ばないと

50

いう条件における a_1 の最小値を表している。なお、投影図形 1 1 の電流密度分布の変化が許容される限りにおいては、制限開口板 2 1 の大きさをより小さく、即ち

【 0 0 5 8 】

【 数 7 】

$$a_1 < \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right)$$

10

【 0 0 5 9 】

としてもよい。

次に、制限開口板 2 1 によるクロスオーバの裾の制限に関する条件を求める。これは、物面において Z 軸を中心とする半径 a_0 の円の外部を起源とする光線のうち、円 2 5 を通過し得る全ての光線が、その前に制限開口板 2 1 によりけられる条件である。図 8 は制限開口板 2 1 によるけられの説明図である。まずは、半径 a_0 の円周を起源とする光線のうち、円 2 5 を通過し得る全ての光線が、その前に制限開口板 2 1 によりけられる条件を定める。この条件は、

【 0 0 6 0 】

【 数 8 】

20

$$\left| s(z_1) \right| \cdot a_0 - \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 > a_1 \quad (8)$$

【 0 0 6 1 】

となる。(8) 式の左辺は、半径 a_0 の円周を起源とする光線のうち円 2 5 を通過し得る光線の中で、最も Z 軸に近い光線の $z = z_1$ における Z 軸からの距離である。(8) 式が成り立てば $b_0 = a_0$ となる b_0 に対し必ず

【 0 0 6 2 】

【 数 9 】

30

$$\left| s(z_1) \right| \cdot b_0 - \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \geq \left| s(z_1) \right| \cdot a_0 - \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 > a_1$$

【 0 0 6 3 】

も成り立つから、(8) 式はそのまま、半径 b_0 の円周を起源とする光線のうち、円 2 5 を通過し得る全ての光線がその前に制限開口板 2 1 によりけられる条件、即ち Z 軸を中心とする半径 a_0 の円の外部を起源とする光線のうち円 2 5 を通過し得る全ての光線がその前に制限開口板 2 1 によりけられる条件となる。

40

【 0 0 6 4 】

(8) 式より、クロスオーバの裾の電流密度が見かけ上零となる境界を定めることができる。その境界は、半径

【 0 0 6 5 】

【数 1 0】

$$a_{0max} = \left(a_1 + \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) / |s(z_1)| \quad (9)$$

【0066】

の円となる。第2の成形開口板7以降には、物面において半径 a_{0max} の円の外側を起源とする光線は一切届かないから、第2の成形開口板7以降の光学系を議論する上では、半径 a_{0max} の円の外側にはクロスオーバの裾は存在しないと見なし、 a_{0max} をクロスオーバの見かけの最大径（有効径）と考えればよい。（7）式を用いると、（9）式は

10

【0067】

【数 1 1】

$$a_{0max} = 2 \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 / |s(z_1)| + \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) / |s(z_3)| \quad (10)$$

20

【0068】

となる。（10）式は、投影図形11の電流密度分布に対し影響を及ぼさないという条件のもとで、 $z = z_1$ に位置させた制限開口板21の開口半径 a_1 をできるだけ小さくすることにより最大限に強く制限されたクロスオーバの裾の広がりを表している。

【0069】

次に、（10）式で示した a_{0max} を小さくすることを考える。ただし、 a_2 、 a_3 、 $h(z_2)$ 、 $h(z_3)$ 、及び $s(z_3)$ は固定とする。このようにすれば、投影図形11の電流密度分布（ $h(z_2)$ の二乗に反比例する）及び寸法に影響を与えずに済む。また、説明を容易にするため、光源4を仮想光源4'とし（図2参照）、 $h(z)$ 及び $s(z)$ 軌道（及び後述の $g(z)$ 軌道）は回転座標に基づくものとする。

30

【0070】

このような条件のもとで a_{0max} を小さくするためには、（10）式から分かるように、 $h(z_1) / s(z_1)$ を小さくすればよい。そして、 $h(z_1) / s(z_1)$ を小さくするには、

【0071】

【数 1 2】

$$\frac{h(z_1)}{s(z_1)} = \frac{h(z_1)}{g(z_1) - \frac{g(z_2)}{h(z_2)} \cdot h(z_1)} = \frac{1}{\frac{g(z_1)}{h(z_1)} - \frac{g(z_2)}{h(z_2)}} \quad (11)$$

40

【0072】

の関係から、 z_1 を小さくするとよい。ここで、 $g(z)$ は、 $g(z_0) = 1$ かつ $g'(z_0) = 0$ となる軌道（図9参照）である。図9は $g(z)$ と $h(z)$ の軌道を示す図である。これは、物面から第1のレンズ2直前までの領域では $g(z_1) = 1$ であり、かつ $h(z_1)$ は z_1 とともに単調増加となるため、 z_1 が小さくなれば $h(z_1)$ が小さくなり、 $g(z_1) / h(z_1)$ が大きくなるためである。なお、（11）式において、

【0073】

50

【数 1 3】

$$s(z) = g(z) - \frac{g(z_2)}{h(z_2)} \cdot h(z) \quad (12)$$

【0074】

の関係を用いた。ただし、前述したように、制限開口板 2 1 をアノード 2 3 より前段に挿入するのは得策でないから、制限開口板 2 1 の挿入位置 z_1 としては、アノード 2 3 の直後が最もよい。そして、 $h(z_2) > 0$ (物面から第 1 の光源の像 5 までの領域では像は結ばれないため $h(z) > 0$) であることから、その上で $g(z_2)$ を負の向きに大きくすると、同じく (11) 式から分かるように $h(z_1) / s(z_1)$ が更に小さくなる。

10

【0075】

次に、 $g(z_2)$ が負の向きに大きくなるような光学系を設計するための指針を示す。まず、 $g(z_2) < 0$ とするには、図 9 から分かるように、第 1 のレンズ 2 の像側焦点 (軌道 $g(z)$ と Z 軸との交点) を第 1 の成形開口板 3 より前段に位置させるとよい。そして、第 1 のレンズ 2 の像側焦点から第 1 の成形開口板 3 までの距離を離せば、 $g(z_2)$ を負の向きに大きくすることができる。

【0076】

ただし、材料 1 0 上における電流密度を変えずに ($h(z_2)$ を変えずに、即ち第 1 の光源の像 5 の倍率を変えずに) 第 1 のレンズ 2 の像側焦点から第 1 の成形開口板 3 までの距離を離す (第 1 のレンズ 2 の像側焦点から第 1 の光源の像 5 までの距離を離す) には、第 1 のレンズ 2 の主面から第 1 の光源の像 5 までの距離と共に、物面から第 1 のレンズ 2 の主面までの距離を離す必要がある。

20

【0077】

即ち、光学系長を長く取る必要がある。このことはレンズ公式 $(1/l_o) + (1/l_i) = 1/f$ と、 $l_i/l_o = m$ の関係とから、像側焦点 - 像面間距離が $m \cdot f$ 、像側主面 - 像面間距離が $(1 + m) \cdot f (= l_i)$ 、物側主面 - 物面間距離が $(1 + (1/m)) \cdot f (= l_o)$ と表されることより分かる。つまり、 m を変

30

えないならば、像側焦点 - 像面間距離 $m \cdot f$ を大きくするには f を大きくする必要があるため、像側焦点 - 像面間距離 $m \cdot f$ が大きくなるのに伴い、像側主面 - 像面間距離

【0078】

$(1 + m) \cdot f$ と物側主面 - 物面間距離 $(1 + (1/m)) \cdot f$ も大きくなる。

【0078】
ここで、 l_o は物側主面 - 物面間距離、 l_i は像側主面 - 像面間距離、 f は焦点距離、 m は光源の像 5 に関する横倍率であり、物側焦点距離と像側焦点距離は等しいとした。なお、後に、光学径長を長くとらずに $g(z_2)$ を負の向きに大きくする方法について説明する。以上でクロスオーバの裾を制限することを検討したので、以降では、クロスオーバの裾が制限された状態におけるブランキング条件について考える。図 10 はブランキングの説明図である。

40

【0079】

まず、物面において Z 軸を中心とする半径 a_0 の円周を起源とする光線のうち、円 2 5 を通過する全ての光源が、ブランキング時にブランキング開口板 1 7 により完全にけられる条件は

【0080】

【数 1 4】

$$|d(z_3) \cdot V| - \left(|s(z_3)| \cdot a_0 + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) > a_3$$

【0081】

即ち、

【0082】

【数 1 5】

10

$$|d(z_3) \cdot V| - |s(z_3)| \cdot a_0 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 > a_3 \quad (13)$$

【0083】

となる。ここで、 $d(z)$ は単位ブランキング偏向電圧に対するブランキング偏向軌道（図5参照）、 V はブランキング偏向電圧を示す。なお、 $d(z)$ 軌道としては、一般には、固定座標に基づくものとすればよいが、簡単にはブランキング偏向の方向を回転座標の回転角に合わせることで、 $h(z)$ 、 $s(z)$ 軌道と同様に、回転座標に基づくものとする

20

【0084】

(13) 式の左辺は、ブランキング時に、半径 a_0 の円周を起源とする光線のうち円 25 を通過する光線のなかで、最も Z 軸に近い光線の、 $z = z_3$ における Z 軸からの距離である。(13) 式が成り立てば、 $c_0 = a_0$ となる c_0 に対し必ず

【0085】

【数 1 6】

$$|d(z_3)V| - \left(|s(z_3)| \cdot c_0 + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) \geq |d(z_3)V| - \left(|s(z_3)| \cdot a_0 + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) > a_3$$

30

【0086】

も成り立つから、(13) 式はそのまま、半径 c_0 の円周を起源とする光線のうち円 25 を通過する全ての光線がブランキング時にブランキング開口板 17 によりけられる条件、即ち Z 軸を中心とする半径 a_0 の円の内部を起源とする光線のうち円 25 を通過する全ての光線がブランキング時にブランキング開口板 17 によりけられる条件となる。従って(13) 式は、 a_0 を a_{0max} と考え、

【0087】

【数 1 7】

40

$$|d(z_3)V| > |s(z_3)| \cdot a_{0max} + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 \quad (13')$$

【0088】

とすればよい。ただし、ここで便宜上、 a_{0max} のかかった項と a_2 のかかった項を右辺に移項した。 V の下限値は(13') 式より

【0089】

【数 18】

$$|V|_{min} = \left(|s(z_3)| \cdot a_{0max} + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 \right) / |d(z_3)|$$

【0090】

となる。 V_{min} ができるだけ小さくなるようにすると、ブランキング速度を向上させることができる。 a_{0max} を小さくすれば、即ち前述のように $h(z_1)/s(z_1)$ を小さくすれば、 V_{min} が小さくなる。

10

【0091】

しかしながら、 $V = V_{min}$ とすると、電子ビーム 1 が何らかの理由（例えば電子鏡筒内の帯電によるドリフト）でブランキング開口板 17 の開口に対し偏心した時、ビーム漏れが発生する。そこで、安全のため、 V の最適値としては、 V_{min} よりは大きく、

【0092】

【数 19】

$$|V| = \left(|s(z_3)| \cdot a_{0max} + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 + e \right) / |d(z_3)| \quad (14)$$

20

【0093】

とするのがよい。ここで、 $e (> 0)$ は、 $V = 0$ の時にブランキング開口板 17 の位置 ($z = z_3$) で観測される、ブランキング開口板 17 の開口中心からの、電子ビーム 1 の中心軸（初期条件が $u(z_0) = 0$ かつ $u'(z_0) = 0$ となる光線）の偏心の最大値を示す。

【0094】

(9) 式を用いると、(13') 式は、

【0095】

【数 20】

$$|d(z_3) \cdot V| > \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left(a_1 + \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right) + \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 \quad (15)$$

【0096】

となり、(10) 式を用いれば

【0097】

【数 21】

$$|d(z_3) \cdot V| > 2 \left(\left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 \right) \quad (16)$$

【0098】

となる。(16) 式は、投影図形 11 の電流密度分布に対し影響を及ぼさないという条件のもとで a_1 を最も小さくした場合のブランキング条件を示す。(16) 式から V の下限値を求めると、

【0099】

50

【数 2 2】

$$|V|_{min} = 2 \left(\left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + a_3 \right) / |d(z_3)|$$

【0 1 0 0】

となり、上記 e を用いると、V の最適値は

【0 1 0 1】

10

【数 2 3】

$$|V| = \left(2 \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + 2a_3 + e \right) / |d(z_3)| \quad (17)$$

【0 1 0 2】

20

となる。

なお、もし第 2 の光源の像 1 6 がブランキング開口板 1 7 と同じ位置 ($z = z_3$) にあれば、以上の式において、 $h(z_3) = 0$ 、即ち $h(z_3) / h(z_2) \cdot a_2 = 0$ となる。また、厳密に $h(z_3) = 0$ とはならなくても、 $h(z_3)$ が小さく、

$h(z_3) / h(z_2) \cdot a_2 < a_3$ であれば、 $h(z_3) / h(z_2) \cdot a_2$ は無視できる。

【0 1 0 3】

以上の説明で用いた $h(z)$ 及び $g(z)$ 軌道を求めるには、軌道方程式を解くシミュレーションにおいて、一般の軌道 $u(z)$ について初期値を $u(z_0) = 0$ かつ $u'(z_0) = 1$ 、及び $u(z_0) = 1$ かつ $u'(z_0) = 0$ として計算を進めればよい。 $s(z)$ は、このようにして求めた $h(z)$ 及び $g(z)$ を (1 2) 式に適用して求める。

30

(実施の形態 2)

基本的に実施の形態 1 の構成と同じとするが、図 1 1 に示すように、第 1 のレンズ 2 をブランカー 1 4、1 5 の前に配置する。制限開口板 2 1 の挿入位置は第 1 のレンズ 2 より前段とする。図 1 1 は本発明の第 2 の実施の形態の要部を示す構成図である。このように構成された装置の動作は実施の形態 1 と同じであるので、説明は省略する。

(実施の形態 3)

基本的に実施の形態 1、2 と同じ構成とするが、第 1 のレンズ 2 をレンズ 2 6、2 7 の多段構成としたものである。図 1 2 は実施の形態 3 の構成例を示す図である。図 1 2 のレンズ 2 6 はブランカー 1 4 と制限開口板 2 1 の間に配置され、レンズ 2 7 はブランカー 1 5 の後段に配置されている。その他の構成は実施の形態 1 と同じである。このように構成された装置の動作を説明すれば、以下の通りである。

40

【0 1 0 4】

基本的に実施の形態 1、2 と同じであるが、レンズ 2 6、2 7 をズームレンズとして扱う。ただし、第 1 の光源の像 5 より前段には光源 4 の像を新たに結ばないものとする。実施の形態 3 において、 a_{0max} を小さくするための手法は、実施の形態 1、2 に示すそれと同様である。即ち、 z_1 を小さくして $h(z_1) / s(z_1)$ を小さくする。

【0 1 0 5】

そして、 $h(z_1) / s(z_1)$ を更に小さくするために、 $g(z_2)$ を負の向きに大きくする。実施の形態 3 において $g(z_2) < 0$ の条件を満たすためには、例えば図 1

50

2に示すように、レンズ26の像側焦点をレンズ27の手前に位置させ、即ちレンズ26により $g(z)$ 軌道をレンズ27の手前で一度Z軸と交わせ、その後は第1の光源の像5の位置まではZ軸と交わせなければよい。

(第1の光源の像5の位置までに $g(z)$ 軌道を二度Z軸と交わせると、第1の光源の像5が反転する。これは、第1の光源の像5の位置の前段に光源の像ができることに相当する。)そして、レンズ26の像側焦点から第1の成形開口板3までの距離をできるだけ大きくとり、更にレンズ27の主面から第1の成形開口板3までの距離をできるだけ短かくすれば、 $g(z_2)$ を負の向きに大きくすることができる。

【0106】

実施の形態1では、材料10上における電流密度を変えない、即ち第1の光源の像5の倍率を変えないという前提のもとで、第1のレンズ2の像側焦点から第1の成形開口板3までの距離を長くするには、物面から第1のレンズ2の主面までの距離を離す必要があるが、実施の形態3では、レンズ26の像側焦点から第1の成形開口板3までの距離を長くしても、それによる第1の光源の像5の倍率の変化はレンズ27の強度調節により補償されるので、物面からレンズ26の主面までの距離は必ずしも離す必要はない。即ち、光学系長を長くする必要がない。

10

(実施の形態4)

基本的には実施の形態1~3の構成と同じであるが、制限開口板21を第1のレンズ2或いはレンズ26の前段ではなく、それらの後段(但しブランカー14, 15より前段)に配置するようにしたものである。動作は実施の形態1~3と同じである。

20

(実施の形態5)

基本的に実施の形態1~4と同じであるが、第2の成形開口板7の開口の形状を単純な矩形ではなく、より複雑な図形としたものである。即ち、キャラクタープロジェクションが実施できる構成とする。動作は実施の形態1~4と同じであるが、キャラクタープロジェクションを実施する。この場合も a_2 は第2の成形開口板7の開口の、第1の成形開口板3への写像と、第1の成形開口板3の開口とを重ねてできる開口(論理積)に外接する円の半径とすればよい。

(実施の形態6)

基本的に実施の形態1~5の構成と同じであるが、電子ビームの代わりにイオンビームを用いるものである。動作は実施の形態1~5と同じである。

30

【0107】

以上、詳細に説明したように、本発明では従来の変形成荷電粒子ビーム描画装置の光学系に対し、次のような工夫を施した。

1) 第1の成形開口板より前段に制限開口板を配置する。

【0108】

2) 上記制限開口板の開口半径 a_1 を

【0109】

【数24】

$$a_1 = \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 - \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right)$$

40

【0110】

とする。

3) 上記制限開口板を用いた上で、ブランキング電圧を

【0111】

【数 2 5】

$$|V| = \left(2 \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + 2a_3 + e \right) / |d(z_3)|$$

【0112】

とする。

この結果、

特許文献 2 に示されているような、新たに設けたレンズによりビームを収束してクロスオーバー像を新たに結ぶ手法を用いることなく、クロスオーバー像の裾を制限し、ブランキング時のビーム漏れを防ぐことができるようになった。即ち、特許文献 2 に示されている手法を用いることで生じていたベルシェ効果を起こさずにクロスオーバー像の裾を制限することができるようになった。また、そのためのレンズが不要となった。

10

【0113】

本発明の効果は、以下の通りである。

(1) 荷電粒子ビームを出射する光源と、該光源からの荷電粒子ビームを偏向するブランカーと該荷電粒子ビームを集束する第 1 のレンズより構成される第 1 の荷電粒子ビーム制御手段と、該第 1 の荷電粒子ビーム制御手段を通過した荷電粒子ビームを受ける第 1 の成形開口板と、該第 1 の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを集束する第 2 のレンズと、該第 2 のレンズを通過した荷電粒子ビームを受ける第 2 の成形開口板と、該第 2 の成形開口板を通過した荷電粒子ビームを受けるブランキング開口板と、該ブランキング開口板を通過した荷電粒子ビームを集束・偏向するレンズ・偏向器より構成される第 2 の荷電粒子ビーム制御手段とを具備し、該第 2 の荷電粒子ビーム制御手段の出力で材料上に投影図形を照射するように構成され、かつ、前記第 1 の成形開口板と前記第 2 のレンズとの間に第 1 の光源の像を結び、前記ブランキング開口板の位置またはその前後近傍に第 2 の光源の像を結ぶように構成された荷電粒子ビーム描画装置に対し、前記ブランカー及び第 1 のレンズより前段に、前記第 2 の成形開口板の開口の前記第 1 の成形開口板への写像と、前記第 1 の成形開口板の開口とを重ねてできる開口の大きさと、前記ブランキング開口板の開口の大きさから決められた大きさの開口を有する制限開口板を設け、該制限開口板と前記ブランキング開口板の開口は円形とし、前記制限開口板の開口半径 a_1 は次式

20

30

【数 2 6】

$$a_1 = \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + \left| \frac{s(z_1)}{s(z_3)} \right| \left(a_3 \cdot \left| \frac{h(z_3)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 \right)$$

40

に従わせることにより、新たにビームを収束してクロスオーバー像を結ぶことなく、即ちそれによるベルシェ効果を起こすことなく、かつ材料上の投影図形の電流密度分布を変えることなく、クロスオーバー像の裾を制限することができる荷電粒子ビーム描画装置を提供することができる。

(2) また、V をブランキング偏向電圧として |V| は次式に従わせることにより、ブランキング時にビーム漏れを起こさない最小のブランキング偏向電圧でビームを遮断することができる。

【数 27】

$$|V| = \left(2 \left| \frac{s(z_3)}{s(z_1)} \right| \left| \frac{h(z_1)}{h(z_2)} \right| \cdot a_2 + 2a_3 + e \right) / |d(z_3)|$$

10

【0115】

(3) また、前記光源はカソード及びアノードを有する電子銃のアノードより前段に位置するものとし、該アノードの直後に前記制限開口板を配置することにより、クロスオーバー像の裾に対する制限を強めることができる。

【0117】

(4) また、前記第1のレンズの像側焦点を前記第1の成形開口板より前段に位置させることを特徴とすることにより、クロスオーバー像の裾に対する制限を強めることができる。

【図面の簡単な説明】

【0122】

20

【図1】本発明に係る荷電粒子ビーム描画装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図2】光源の詳細構成例を示す図である。

【図3】第1の成形開口板3と、開口24および円25との関係を示す図である。

【図4】成形開口板の照明を示す図である。

【図5】 $h(z)$ と $s(z)$ と $d(z)$ の軌道を示す図である。

【図6】ブランキング開口板17の通過を示す図である。

【図7】制限開口板21の通過を示す図である。

【図8】制限開口板21によるけられの説明図である。

【図9】 $g(z)$ と $h(z)$ の軌道を示す図である。

【図10】ブランキングの説明図である。

30

【図11】本発明の第2の実施の形態の要部を示す図である。

【図12】本発明の第3の実施の形態の要部を示す図である。

【図13】荷電粒子ビーム描画装置の構成例を示す図である。

【図14】第1の光源の像5と第2の光源の像16の移動の様子を示す図である。

【図15】光源の像16の電流密度分布を示す図である。

【図16】光源4の像20の形成の説明図である。

【符号の説明】

【0123】

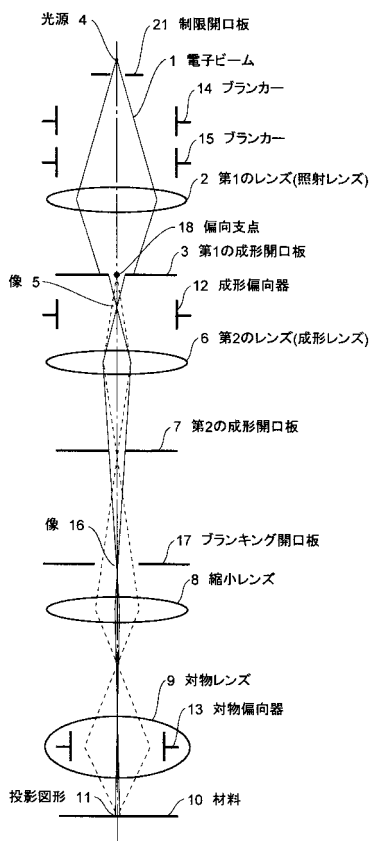
- 1 電子ビーム
- 2 第1のレンズ(照射レンズ)
- 3 第1の成形開口板
- 4 光源
- 5 像
- 6 第2のレンズ(成形レンズ)
- 7 第2の成形開口板
- 8 縮小レンズ
- 9 対物レンズ
- 10 材料
- 11 投影図形
- 12 成形偏向器

40

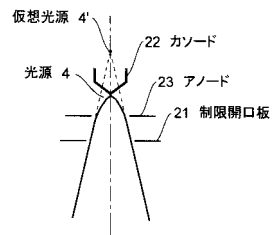
50

- 1 3 対物偏向器
- 1 4 ブランカー
- 1 5 ブランカー
- 1 6 像
- 1 7 ブランキング開口板
- 1 8 偏向支点
- 2 1 制限開口板

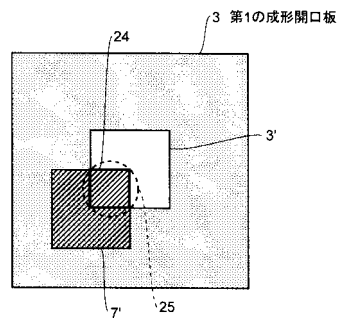
【図1】



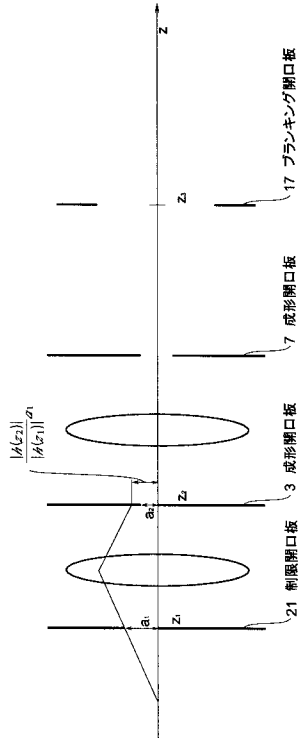
【図2】



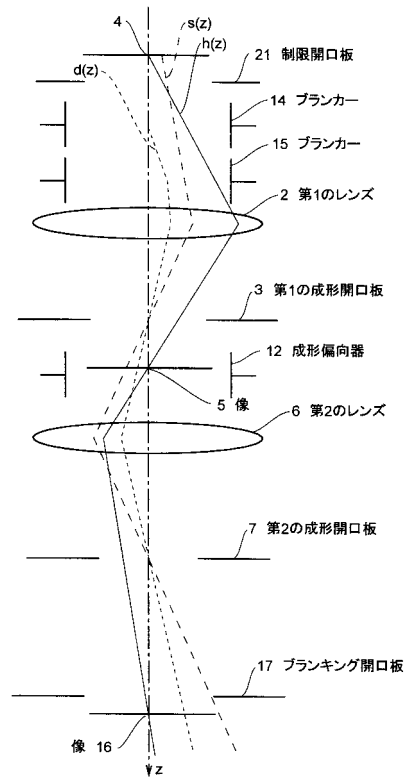
【図3】



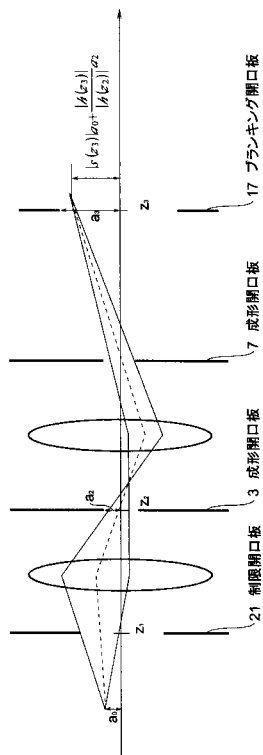
【図4】



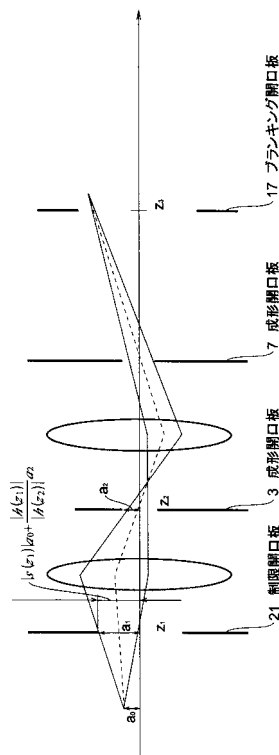
【図5】



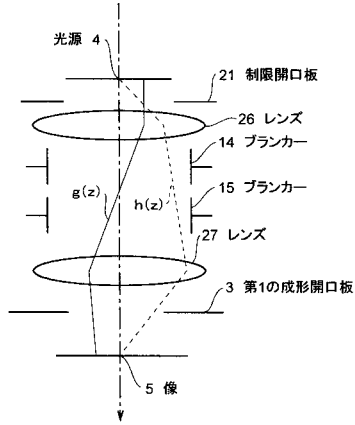
【図6】



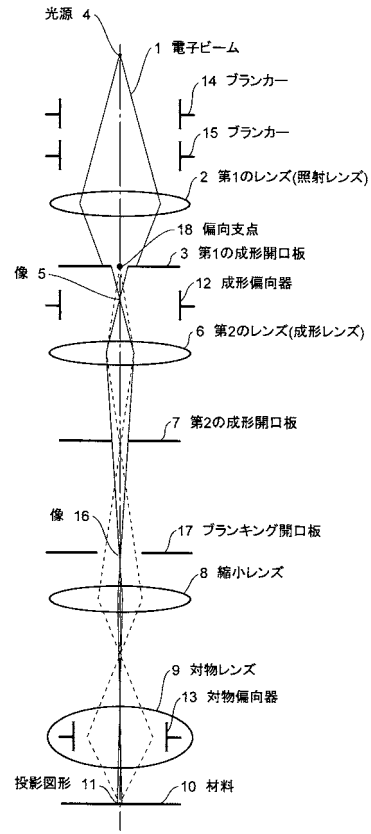
【図7】



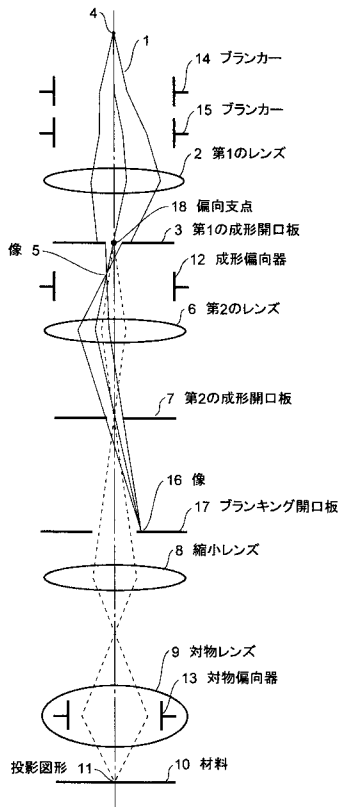
【図12】



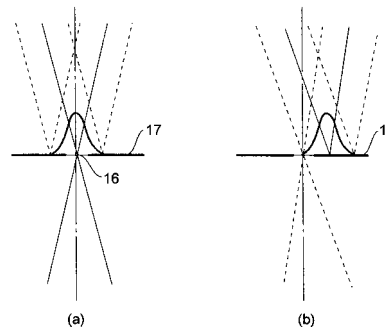
【図13】



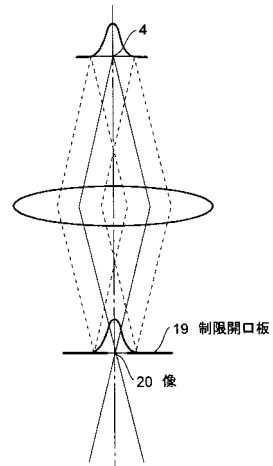
【図14】



【図15】



【図16】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 090144 (JP, A)
特開2004 - 047766 (JP, A)
特開2000 - 251815 (JP, A)
特開2007 - 67192 (JP, A)
特開平9 - 260237 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
H01J 37/30 - 37/36