(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7636634号
(P7636634)

(45)発行日　令和7年2月26日(2025.2.26)

(24)登録日　令和7年2月17日(2025.2.17)

(51)国際特許分類		FI		
H01L 21/027(2006.01)		H01L	21/30	541B
H01J 37/147(2006.01)		H01L	21/30	541W
H01J 37/305(2006.01)		H01J	37/147	C
G03F 7/20 (2006.01)		H01J	37/305	B
		G03F	7/20	504

請求項の数　11　（全30頁）

(21)出願番号　特願2024-520385(P2024-520385)
(86)(22)出願日　令和5年4月27日(2023.4.27)
(86)国際出願番号　PCT/JP2023/016573
(87)国際公開番号　WO2023/218977
(87)国際公開日　令和5年11月16日(2023.11.16)
審査請求日　令和6年5月2日(2024.5.2)
(31)優先権主張番号　特願2022-79620(P2022-79620)
(32)優先日　令和4年5月13日(2022.5.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　504162958
株式会社ニューフレアテクノロジー
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番１
(74)代理人　110003708
弁理士法人鈴榮特許綜合事務所
(72)発明者　長谷川 啓
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番１
株式会社ニューフレアテクノロジー内
(72)発明者　木村 隼人
神奈川県横浜市磯子区新杉田町８番１
株式会社ニューフレアテクノロジー内
審査官　大門 清

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　ブランキングアパーチャアレイシステム、荷電粒子ビーム描画装置、及びブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

マルチ荷電粒子ビーム照射装置に用いられるブランキングアパーチャアレイシステムにおいて、

直列に接続された複数のフリップフロップを含み、ビーム照射に使用される制御データを転送するシフトレジスタと、

前記複数のフリップフロップの各々と接続されるとともに基板上に形成された第１電極、及び前記第１電極とビームを通過させる複数のアパーチャの１つを挟むとともにグランドに接続された第２電極と、

を有するブランキングアパーチャアレイ基板と、

ビーム照射動作の間、ビーム照射動作時に使用する電圧である第１電圧にて前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、

前記ビーム照射動作の間以外に、前記第１電圧より低い第２電圧にて前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、前記シフトレジスタに供給された前記制御データが前記シフトレジスタの中を転送されて前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップから出力された制御データと一致しているかの判断、又は前記シフトレジスタに供給された前記制御データに従って前記シフトレジスタのうちの第１フリップフロップと接続された前記第１電極によってブランキングされる場合のブランキングの状態が前記シフトレジスタに供給された前記制御データに従って前記第１フリップフロップと接続された前記第１電極によって行われたブランキングの状態

と一致しているかの判断によって前記複数のフリップフロップが正常に動作しているか判断する
制御装置と、
を備えるブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項２】
前記第２電圧は、前記複数のフリップフロップのうちの１つに含まれるトランジスタがオンになる下限の値であり、
前記制御装置は、前記第２電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給することによって前記複数のフリップフロップの１つである第１フリップフロップが正常に動作しない場合に、
前記第１電圧と前記第２電圧の間の複数の相違する電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに順に供給し、
前記複数の相違する電圧のうちの前記第１フリップフロップが正常に動作するとともに前記第２電圧に最も近い第３電圧を割り出し、
前記第１フリップフロップの累積使用時間と閾値電圧の関係を用いて、前記第１電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給することで前記第１フリップフロップが正常に動作しなくなるまでの第１の時間を見積り、
前記第１の時間と基準時間とを比較する、
請求項１に記載のブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項３】
前記第１の時間が前記基準時間を超える場合、前記第１電圧よりも高い電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給する
請求項２に記載のブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項４】
マルチ荷電粒子ビーム照射装置に用いられるブランキングアパーチャアレイシステムにおいて、
直列に接続された複数のフリップフロップを含み、クロックを受け取り、ビーム照射に使用される制御データを前記クロックに基づくタイミングで転送するシフトレジスタと、
前記複数のフリップフロップの各々と接続されるとともに基板上に形成された第１電極、及び前記第１電極と複数のアパーチャの１つを挟むとともにグランドに接続された第２電極と、
を有するブランキングアパーチャアレイ基板と、
ビーム照射動作の間、第１周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給し、
前記ビーム照射動作の間以外に、前記第１周期より短い第２周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給し、前記シフトレジスタに供給された前記制御データと前記シフトレジスタに供給された前記制御データが前記シフトレジスタの中で転送されて前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップから出力された制御データとが一致しているかの判断、又は前記シフトレジスタに供給された前記制御データに従って前記シフトレジスタのうちの第１フリップフロップと接続された前記第１電極によってブランキングされた場合のブランキングの状態が前記シフトレジスタに供給された前記制御データに従って前記第１フリップフロップと接続された前記第１電極によって行われたブランキングの状態と一致しているかの判断によって前記複数のフリップフロップが正常に動作しているか判断する、
制御装置と、
を備えるブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項５】
前記第２周期は、前記シフトレジスタが正常に動作する下限の値であり、
前記制御装置は、前記第２周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給することによって前記複数のフリップフロップの１つである第１フリップフロップが正常に動

作しない場合に、
　前記第１周期と前記第２周期の間の複数の相違する周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに順に供給し、
　前記複数の相違する周期のうちの前記第１フリップフロップが正常に動作するとともに前記第２周期に最も近い第３周期を割り出し、
　前記第１フリップフロップの累積使用時間と前記クロックの周期の関係を用いて、前記第１周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給することで前記第１フリップフロップが正常に動作しなくなるまでの第１の時間を見積り、
　前記第１の時間と基準時間とを比較する、
　請求項４に記載のブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項６】
　前記第１の時間が前記基準時間を超える場合、前記第１周期よりも長い周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給する、
　請求項５に記載のブランキングアパーチャアレイシステム。
【請求項７】
　移動可能なステージと、
　前記ステージの上方のビーム源と、
　前記ビーム源と前記ステージとの間に位置する、請求項１乃至請求項６のいずれか１項のブランキングアパーチャアレイシステムと、
　を備える荷電粒子ビーム描画装置。
【請求項８】
　マルチ荷電粒子ビーム照射装置に用いられるブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法において、
　前記ブランキングアパーチャアレイシステムは、
　　直列に接続された複数のフリップフロップを含み、ビーム照射に使用される制御データを転送するシフトレジスタと、
　　前記複数のフリップフロップの各々と接続されるとともに基板上に形成された第１電極、及び前記第１電極と複数のアパーチャの１つを挟むとともにグランドに接続された第２電極と、
　を有するブランキングアパーチャアレイシステムを備え、
　前記検査方法は、
　　ビーム照射動作の間、第１電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、
　　前記ビーム照射動作の間以外に、前記第１電圧より低い第２電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、前記シフトレジスタに供給された前記制御データと前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップから受け取った前記制御データが一致しているかの判断又は前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップと接続された前記第１電極によるブランキングの状態が前記シフトレジスタに供給された前記制御データによって示されるブランキングの状態と一致しているかの判断によって前記複数のフリップフロップが正常に動作しているか判断する、
　ことを備えるブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法。
【請求項９】
　マルチ荷電粒子ビーム照射装置に用いられるブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法において、
　前記ブランキングアパーチャアレイシステムは、
　　直列に接続された複数のフリップフロップを含み、クロックを受け取り、ビーム照射に使用される制御データを前記クロックに基づくタイミングで転送するシフトレジスタと、
　　前記複数のフリップフロップの各々と接続されるとともに基板上に形成された第１電極、及び前記第１電極と複数のアパーチャの１つを挟むとともにグランドに接続された第２電極と、

を有するブランキングアパーチャアレイシステムを備え、
前記検査方法は、
ビーム照射動作の間、第１周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給し、
前記ビーム照射動作の間以外に、前記第１周期より短い第２周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給し、前記シフトレジスタに供給された前記制御データと前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップから受け取った前記制御データが一致しているかの判断又は前記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップと接続された前記第１電極によるブランキングの状態が前記シフトレジスタに供給された前記制御データによって示されるブランキングの状態と一致しているかの判断によって前記複数のフリップフロップが正常に動作しているか判断する、
ことを備えるブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法。
【請求項１０】
前記第２電圧は、前記複数のフリップフロップのうちの１つに含まれるトランジスタがオンになる下限の値であり、
前記第２電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給することによって前記複数のフリップフロップの１つである第１フリップフロップが正常に動作しない場合に、
前記第１電圧と前記第２電圧の間の複数の相違する電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに順に供給し、
前記複数の相違する電圧のうちの前記第１フリップフロップが正常に動作するとともに前記第２電圧に最も近い第３電圧を割り出し、
前記第１フリップフロップの累積使用時間と閾値電圧の関係を用いて、前記第１電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給することで前記第１フリップフロップが正常に動作しなくなるまでの第１の時間を見積り、
前記第１の時間と第１閾値とを比較し、
前記第１の時間が前記第１閾値以下でない場合、前記ビーム照射動作の間、前記第１電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、
前記第１の時間と前記第１閾値より小さい第２閾値とを比較し、
前記第１の時間が前記第２閾値以下でない場合、前記ビーム照射動作の間、前記第１電圧より高い第４電圧の前記フリップフロップが保持する値が１となる前記制御データを前記シフトレジスタに供給し、
前記第１の時間が前記第２閾値以下である場合、前記第１の時間に基づいて、前記ブランキングアパーチャアレイシステムが交換されるべき時期を計画し、
前記時期に基づいて、新たなブランキングアパーチャアレイシステムの生産のスケジュールを立てる、
ことをさらに備える、
請求項８に記載のブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法。
【請求項１１】
前記第２周期は、前記シフトレジスタが正常に動作する下限の値であり、
前記第２周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給することによって前記複数のフリップフロップの１つである第１フリップフロップが正常に動作しない場合に、
前記第１周期と前記第２周期の間の複数の相違する周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに順に供給し、
前記複数の相違する周期のうちの前記第１フリップフロップが正常に動作するとともに前記第２周期に最も近い第３周期を割り出し、
前記第１フリップフロップの累積使用時間と前記クロックの周期の関係を用いて、前記第１周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給することで前記第１フリップフロップが正常に動作しなくなるまでの第１の時間を見積り、

前記第１の時間と第１閾値とを比較する第１の比較をし、第１の比較の結果前記第１の時間が前記第１閾値以下でない場合、前記ビーム照射動作の間、前記第１周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給し、第１の比較の結果前記第１の時間が前記第１閾値以下である場合、前記第１の時間と前記第１閾値より小さい第２閾値とを比較する第２の比較をし、

前記第２の比較の結果、前記第１の時間が前記第２閾値以下でない場合、前記第１の時間に基づいて、前記ブランキングアパーチャアレイシステムが交換されるべき時期を計画し、この時期に基づいて、新たなブランキングアパーチャアレイシステムの生産のスケジュールを立て、前記第１の時間が前記第２閾値以下である場合、前記ビーム照射動作の間、前記第１周期より長い第４周期を有する前記クロックを前記シフトレジスタに供給する、

ことをさらに備える、

請求項９に記載のブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

実施形態は、概してブランキングアパーチャアレイシステム、荷電粒子ビーム描画装置、及びブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

半導体装置の製造にマスクが使用される。微細な素子を形成するために、マスクのパターンも微細であることが要求される。微細なパターンを有するマスクを形成するために、マスクの材料に対して、電子ビームを使用してパターンが描画される。マスクを効率的に形成するために、複数の電子ビームを使用する描画方式（マルチビーム描画方式）が使用され得る。

【０００３】

マルチビーム描画方式では、電子ビームが、複数のアパーチャを有するマスク（成形アパーチャアレイプレート）を通過させられて、マルチビームが形成される。マルチビームは、複数のアパーチャを有するブランキングアパーチャアレイ機構に向かう。各ビームは、ブランキングアパーチャアレイ機構によって、個別に偏向され、偏向されたビームは遮蔽物にあたることにより、マスクに到達しない。

【０００４】

ブランキングアパーチャアレイ機構は、各アパーチャの周囲に、当該アパーチャを通過するビームを変更させるための機構を含む。機構は電極、電極に電圧を印加するための電子回路の素子を含む。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００５】

【文献】日本国特開２００８－２３５５７１号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

描画のための電子ビームの照射により、ブランキングアパーチャアレイ機構中の電子回路の素子がダメージを受け得る。ダメージの蓄積により、素子の特性は劣化し得る。特性の劣化が、或る臨界点を超えると、電子回路の素子は故障し得、この場合、ブランキングアパーチャアレイ機構は正確に動作できなくなる。これを回避するために、描画の前にブランキングアパーチャアレイ機構が診断され得る。診断の時点で故障が発見された場合、描画の前に対処することが可能である。このような故障の診断は、あくまで診断の時点で故障と判断された素子を特定できるに過ぎない。このため、劣化が進んでいて、診断の時点では故障していなくても、次の描画の間に故障する素子は特定することができない。

【０００７】
一方、描画は時間を要する。描画中は、描画装置の部品を交換することができない。このため、診断により正常と判断されたものの、近い将来に故障し得る素子が描画の最中に故障した場合、ブランキングアパーチャアレイ機構の交換、描画のやり直しが必要になり得る。このことは、マスクの生産計画を大きく狂わせ得る。
【０００８】
このような現状に基づいて、事前の診断で故障していなくても、近い将来に故障し得る素子を特定できるブランキングアパーチャアレイシステム、荷電粒子ビーム装置、及ブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法が望まれる。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
一実施形態による、マルチ荷電粒子ビーム照射装置に用いられるブランキングアパーチャアレイシステムは、ブランキングアパーチャアレイ基板と、制御装置と、を含む。
【００１０】
ブランキングアパーチャアレイ基板は、直列に接続された複数のフリップフロップを含み、ビーム照射に使用される制御データを転送するシフトレジスタと、上記複数のフリップフロップの各々と接続されるとともに基板上に形成された第１電極、及び上記第１電極とビームを通過させる複数のアパーチャの１つを挟むとともにグランドに接続された第２電極と、を有する。制御装置は、ビーム照射動作の間、ビーム照射動作時に使用する電圧である第１電圧にて上記フリップフロップが保持する値が１となる上記制御データを上記シフトレジスタに供給し、上記ビーム照射動作の間以外に、上記第１電圧より低い第２電圧にて上記フリップフロップが保持する値が１となる上記制御データを上記シフトレジスタに供給し、上記シフトレジスタに供給された上記制御データが上記シフトレジスタの中を転送されて上記シフトレジスタのうちの１つのフリップフロップから出力された制御データと一致しているかの判断、又は上記シフトレジスタに供給された上記制御データに従って上記シフトレジスタのうちの第１フリップフロップと接続された上記第１電極によってブランキングされる場合のブランキングの状態が上記シフトレジスタに供給された上記制御データに従って上記第１フリップフロップと接続された上記第１電極によって行われたブランキングの状態と一致しているかの判断によって上記複数のフリップフロップが正常に動作しているか判断する。
【発明の効果】
【００１１】
描画前に故障が対処されることを可能にし、描画中に不測にブランキングアパーチャアレイ機構が故障することを抑制できるブランキングアパーチャアレイシステム、荷電粒子ビーム装置、及びブランキングアパーチャアレイシステムの検査方法が提供される。
【図面の簡単な説明】
【００１２】
【図１】図１は、第１実施形態に係る描画装置の要素を示す。
【図２】図２は、第１実施形態の制御装置のハードウェアによる構成を示す。
【図３】図３は、第１実施形態の成形アパーチャアレイプレートの構造をｘｙ面に沿って示す。
【図４】図４は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構の構造をｘｚ面に沿って示す。
【図５】図５は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構の構造をｘｙ面に沿って示す。
【図６】図６は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構の回路及び関連する要素を示す。
【図７】図７は、第１実施形態のシフトレジスタの一部の要素及び接続、並びに関連する要素を示す。
【図８】図８は、第１実施形態のシフトレジスタ及び関連する要素を示す。

【図９】図９は、第１実施形態のＤ型フリップフロップの要素及び接続の例を示す。
【図１０】図１０は、第１実施形態のＮＡＮＤゲートの要素及び接続の例を示す。
【図１１】図１１は、第１実施形態のインバータの要素及び接続の例を示す。
【図１２】図１２は、第１実施形態の制御装置の機能ブロックを示す。
【図１３】図１３は、第１実施形態の描画装置による動作のフローを示す。
【図１４】図１４は、第１実施形態のトランジスタＴＮの特性を示す。
【図１５】図１５は、第１実施形態のトランジスタＴＮの特性と印加電圧の例を示す。
【図１６】図１６は、第１実施形態のトランジスタＴＮの劣化と使用時間との関係を示す。
【図１７】図１７は、第１実施形態の変形例の描画及び検査方法のフローを示す。
【発明を実施するための形態】
【００１３】
以下に実施形態が図面を参照して記述される。以下の記述において、略同一の機能及び構成を有する構成要素は同一の参照符号を付され、繰返しの説明は省略される場合がある。略同一の機能及び構成を有する複数の構成要素が相互に区別されるために、参照符号の末尾にさらなる数字又は文字が付される場合がある。
【００１４】
或る実施形態についての記述は全て、明示的に又は自明的に排除されない限り、別の実施形態の記述としても当てはまる。また、各機能ブロックは、ハードウェア、コンピュータソフトウェアのいずれか又は両者を組み合わせたものとして実現されることが可能である。各機能ブロックが、以下の例のように区別されていることは必須ではない。例えば、一部の機能が例示の機能ブロックとは別の機能ブロックによって実行されてもよい。さらに、例示の機能ブロックがさらに細かい機能サブブロックに分割されていてもよい。
【００１５】
また、実施形態の方法のフローにおけるいずれのステップも、例示の順序に限定されず、そうでないと示されない限り、例示の順序とは異なる順序で及び（又は）別のステップと並行して起こることが可能である。
【００１６】
本明細書及び特許請求の範囲において、ある第１要素が別の第２要素に「接続されている」とは、第１要素が直接的又は常時或いは選択的に導電性となる要素を介して第２要素に接続されていることを含む。
【００１７】
以下、ｘｙｚ直交座標系が用いられて、実施形態が記述される。
【００１８】
１．第１実施形態
１．１．構造（構成）
図１は、第１実施形態に係る描画装置の要素（構成）を示す。描画装置１は、例として、マルチ荷電粒子ビーム描画装置である。いくつかの要素は、後に詳述される。
【００１９】
描画装置１は、制御回路系２及び描画機構３を含む。描画機構３は、荷電粒子ビームを生成し、この生成した荷電粒子ビームを試料６に照射することにより、試料６にパターンを描画する。試料６の例は、レジストが塗布されたマスク、又は、レチクルを含む。制御回路系２は、描画機構３の動作を制御する。描画装置１は、ブランキングアパーチャアレイシステムを含み、すなわち、制御回路系２の少なくとも一部及び描画機構３の少なくとも一部は、ブランキングアパーチャアレイシステムを構成する。
【００２０】
描画機構３は、真空チャンバ３１を含む。真空チャンバ３１の内部は、描画装置１による試料６への描画の間、例えば真空に保たれる。真空チャンバ３１は、ライティングチャンバ３１ａ及び鏡筒３１ｂから構成されている。
【００２１】
ライティングチャンバ３１ａは、例えば直方体の形状を有し、内部に空間を有する。ラ

イティングチャンバ３１ａは、試料６を収容する。ライティングチャンバ３１ａは、上面において開口を有し、開口において鏡筒３１ｂの内部空間と接続されている。

【００２２】

描画装置１は、また、ライティングチャンバ３１ａ内において、ステージ３１０を含む。ステージ３１０の上面上には、描画の間、試料６が配置される。ステージ３１０は、試料６を実質的に水平に保持した状態で、ｘ軸及びｙ軸に沿って移動することができる。ステージ３１０の上面上には、ミラー３１２ｘ及びミラー３１２ｙが設けられている。ミラー３１２ｘはｙ軸に沿って延び、ミラー３１２ｙはｘ軸に沿って延びる。ミラー３１２ｘ及び３１２ｙは、ステージ３１０の位置の検出のための基準として使用される。

【００２３】

鏡筒３１ｂは、ｚ軸に沿って延びる円筒の形状を有し、例えばステンレスからなる。鏡筒３１ｂの下端は、ライティングチャンバ３１ａの内部に位置する。また、描画装置１は、鏡筒３１ｂ内において、電子銃３２０、照明レンズ３３０、縮小レンズ３３１、及び対物レンズ３３２、成形アパーチャアレイプレート３４０、制限アパーチャアレイプレート３４１、ブランキングアパーチャアレイ機構（ブランキングアパーチャアレイ基板）３５０、並びに偏向器３６０及び３６１を有する。

【００２４】

電子銃３２０は、鏡筒３１ｂの内部の上部に位置する。電子銃３２０は、例えば熱陰極型の電子銃である。電子銃３２０は、陰極、ウェネルト電極、及び陽極等の要素を含む。ウェネルト電極は陰極を包囲する。電子銃３２０は、電圧を受けると、ｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）へ電子ビームＥＢを射出する。電子ビームＥＢは、ｚ軸に沿って進行するに連れてｘｙ面に沿って広がって行く。

【００２５】

照明レンズ３３０は、環状の電磁レンズであり、電子銃３２０のｚ軸に沿った下方に位置する。照明レンズ３３０は、照明レンズ３３０に到達した、ｘｙ面に広がりを持つ電子ビームＥＢを、ｚ軸に沿って平行に進行するように整形する。

【００２６】

成形アパーチャアレイプレート３４０は、照明レンズ３３０のｚ軸に沿った下方に位置する。成形アパーチャアレイプレート３４０は、複数のアパーチャを有し、成形アパーチャアレイプレート３４０に入射する電子ビームＥＢの一部を、複数のアパーチャを通過させて、複数の電子ビームＥＢｍへと分岐させる。

【００２７】

ブランキングアパーチャアレイ機構３５０は、成形アパーチャアレイプレート３４０のｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）に位置する。ブランキングアパーチャアレイ機構３５０は、複数の電子ビームＥＢｍを個別にブランキングする。ブランキングアパーチャアレイ機構３５０は、成形アパーチャアレイプレート３４０の開口のｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）にそれぞれが位置する複数のアパーチャ、および各アパーチャの周囲に設けられたブランカを有する。各ブランカによって、当該ブランカが設けられた対象のアパーチャに入射した電子ビームＥＢｍがブランキングされる。

【００２８】

縮小レンズ３３１は、環状の電磁レンズであり、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０のｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）に位置する。縮小レンズ３３１は、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０を通過した互いに平行な複数の電子ビームＥＢｍを、制限アパーチャアレイプレート３４１のアパーチャの中心へと集束させる。

【００２９】

制限アパーチャアレイプレート３４１は、ｘｙ面に沿って広がる板状の形状を有し、ｘｙ面の中央においてアパーチャを有する。アパーチャは、縮小レンズ３３１を通過した複数の電子ビームＥＢｍの集束点（クロスオーバーポイント）の近傍に位置する。ブランキングアパーチャアレイ機構３５０に設けられたブランカによって偏向されたビームは、この制限アパーチャアレイプレート３４１の中央に設けられたアパーチャを通過することが

できず、制限アパーチャアレイプレート３４１に当たり、ブランキングされる。
【００３０】
また、制限アパーチャアレイプレート３４１は、複数の電子ビームＥＢｍにアパーチャを通過させることによって、電子ビームＥＢｍのｘｙ面に沿った形状を整形する。整形された複数の電子ビームＥＢｍは、選択された形状のショットを形成する。
【００３１】
偏向器３６０は、制限アパーチャアレイプレート３４１のｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）に位置する。偏向器３６０には、制限アパーチャアレイプレート３４１から放射されるショット形状の電子ビームＥＢｍが入射する。偏向器３６０は、電極の複数の対を含む。図１では、図が不要に煩雑になることを避けるために、１対の電極のみが示されている。各対を構成する２つの電極は対向している。各電極は電圧を受け、偏向器３６０は、複数の電極への電圧の印加に応じて、入射した電子ビームＥＢｍをｘ軸に沿って及び（又は）ｙ軸に沿って偏向する。
【００３２】
対物レンズ３３２は、環状の電磁レンズであり、偏向器３６０を囲む。対物レンズ３３２は、偏向器３６０と協働し、電子ビームＥＢｍを試料６の特定の位置へとフォーカスする。
【００３３】
偏向器３６１は、偏向器３６０のｚ軸に沿った下方（－ｚ方向）に位置する。偏向器３６１には、偏向器３６０を通過した電子ビームＥＢｍが入射する。偏向器３６０は、電極の複数の対を含む。図１では、図が不要に煩雑になることを避けるために、１対の電極のみが示されている。各対を構成する２つの電極は対向している。各電極は電圧を受け、偏向器３６０は、複数の電極への電圧の印加に応じて、入射した電子ビームＥＢｍをｘ軸に沿って及び（又は）ｙ軸に沿って偏向する。
【００３４】
制御回路系２は、制御装置２１、電源装置２２、レンズ駆動装置２３、ＢＡＡ制御ユニット２４、照射量制御ユニット２５、偏向器アンプ２７、及びステージ駆動装置２８を含む。
【００３５】
制御装置２１は、電源装置２２、レンズ駆動装置２３、ＢＡＡ制御ユニット２４、照射量制御ユニット２５、偏向器アンプ２７、及びステージ駆動装置２８を制御する。制御装置２１は、例えば、描画装置１のユーザからの入力を受け取り、この受け取った入力に基づいて、電源装置２２、レンズ駆動装置２３、ＢＡＡ制御ユニット２４、照射量制御ユニット２５、偏向器アンプ２７、及びステージ駆動装置２８を制御する。
【００３６】
電源装置２２は、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、電子銃３２０に電圧を印加する。
【００３７】
レンズ駆動装置２３は、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、照明レンズ３３０を制御する。具体的には、レンズ駆動装置２３は、電子ビームＥＢに対する照明レンズ３３０の強度、すなわち、電子ビームＥＢを屈折させる強度を制御する。レンズ駆動装置２３は、照明レンズ３３０の強度を、照明レンズ３３０のｚ軸の上方から照明レンズ３３０に入射した、進行とともにｘｙ面に沿って広がる電子ビームＥＢをｚ軸に実質的に平行な電子線に整形するように制御する。
【００３８】
レンズ駆動装置２３は、また、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、縮小レンズ３３１の強度を制御する。レンズ駆動装置２３は、縮小レンズ３３１の強度を、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０のブランカによるブランキング偏向されることなく縮小レンズ３３１のｚ軸の上方から、縮小レンズ３３１に入射した電子ビームＥＢｍが制限アパーチャアレイプレート３４１のアパーチャの中心

へと集束するように、制御する。
【００３９】
レンズ駆動装置２３は、さらに、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、対物レンズ３３２の強度を制御する。レンズ駆動装置２３は、対物レンズ３３２の強度を、対物レンズ３３２のｚ軸の上方から対物レンズ３３２に入射した電子ビームＢＭが試料６の上面にフォーカスするように、制御する。なお、レンズ駆動装置２３は、電子ビームＢＭを縮小しても良い。
【００４０】
ＢＡＡ制御ユニット２４は、制御装置２１からＢＡＡ制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０を制御する。
【００４１】
照射量制御ユニット２５は、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、照射量制御データを生成する。照射量制御ユニット２５は、生成した照射量制御データをＢＡＡ制御ユニット２４に供給して、ＢＡＡ制御ユニット２４を介して電子ビームＢＭの試料６に対する照射量を制御する。
【００４２】
偏向器アンプ２７は、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、偏向器３６０及び３６１のそれぞれを制御するための制御信号を生成する。この生成された制御信号は、それぞれ、偏向器３６０及び３６１に供給される。偏向器３６０のための信号は、偏向器３６０の各対の２つの電極の電位差を指定する。同様に、偏向器３６１のための信号は、偏向器３６１の各対の２つの電極の電位差を指定する。偏向器アンプ２７は、偏向器３６０が、電子ビームＥＢｍを制御装置２１により指定される量及び（又は）向きだけ偏向させる電圧を受けるように、偏向器３６０のための信号を生成する。同様に、偏向器アンプ２７は、偏向器３６１が、電子ビームＥＢｍを制御装置２１により指定される量及び（又は）向きだけ偏向させる電圧を受けるように、偏向器３６１のための信号を生成する。
【００４３】
ステージ駆動装置２８は、図示せぬレーザセンサ等の手段を用いて、ミラー３１２ｘ及び３１２ｙの位置を測定し、この測定された位置に基づいてステージ３１０の位置を検出する。また、ステージ駆動装置２８は、制御装置２１から制御データを受け取り、この受け取った制御データに基づいて、ステージ３１０を駆動する。ステージ３１０の駆動により、試料６が、所望の位置へ移動する。
【００４４】
図２は、第１実施形態の制御装置２１の構成を示し、特に、ハードウェアによる構成を示す。図２に示されるように、制御装置２１は、プロセッサ２１１、ＲＯＭ（read only memory）２１２、記憶装置２１３、入力装置２１４、出力装置２１５、インターフェイス２１６、及び通信装置２１７を含む。
【００４５】
ＲＯＭ２１２は、プロセッサを制御するためのプログラムを不揮発に記憶する。記憶装置２１３は、揮発性、不揮発性のメモリ、及び（又は）ハードディスクを含み、データを保持する。プロセッサ２１１は、例えば、ＣＰＵ（central processing unit）であり、ＲＯＭ２１２に記憶されていて、記憶装置２１３にロードされたプログラムを実行することにより、種々の動作を行う。プロセッサ２１１は、プログラムに従って、記憶装置２１３、入力装置２１４、出力装置２１５、インターフェイス２１６、及び通信装置２１７を制御する。プログラムは、制御装置２１、特にプロセッサ２１１に、種々の機能ブロックによる動作として後述される動作を行わせることができるように構成されている。
【００４６】
入力装置２１４は、キーボード、マウス、及びタッチパネルの１つ以上を含み、描画装置１のユーザが指示及び（又は）パラメータを入力することを可能にする。出力装置２１５は、ディスプレイを含み、描画装置１のユーザに種々の情報を提示する。インターフェ

イス２１６は、制御装置２１による電源装置２２、レンズ駆動装置２３、ＢＡＡ制御ユニット２４、照射量制御ユニット２５、偏向器アンプ２７、及びステージ駆動装置２８との通信を司る。

【００４７】

通信装置２１７は、描画装置１の外部の装置と通信できるように構成されている。通信装置２１７は、例えば、描画装置１の外部の装置と無線及び（又は）有線で接続されており、描画装置１の外部の装置との間で、データを送受信することができる。

【００４８】

図３は、第１実施形態の成形アパーチャアレイプレート３４０の構造をｘｙ面に沿って概略的に示す。図３に示されるように、成形アパーチャアレイプレート３４０は、ｘｙ面に沿って広がり、例えば、矩形の形状を有する。成形アパーチャアレイプレート３４０は、例えば、ベースとしてシリコンを有し、ベースの表面を薄膜により覆われている。薄膜は、例えば、クロムであり、めっき又はスパッタにより形成されることが可能である。成形アパーチャアレイプレート３４０は、複数のアパーチャ３４０ａを有する。アパーチャ３４０ａは、成形アパーチャアレイプレート３４０のｚ軸に沿って対向する２つの面、すなわち上面と底面を貫く。アパーチャ３４０ａは、例えば、ｘ軸とｙ軸に沿って行列状に配列されている。アパーチャ３４０ａは、例えば正方形であり、互いに実質的に同じ形状を有する。

【００４９】

電子銃３２０から射出した電子ビームＥＢは、照明レンズ３３０によってｚ軸に沿って平行になるように整形され、成形アパーチャアレイプレート３４０の上面に入射する。入射した電子ビームＥＢのうちの一部は、成形アパーチャアレイプレート３４０によって遮蔽され、残りはアパーチャ３４０ａを通過する。このような電子ビームＥＢの選択的な遮蔽と通過により、電子ビームＥＢが、ｚ軸に沿って下方へ進行する複数の電子ビームＥＢｍに分割（マルチ化）される。

【００５０】

図４は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構３５０の構造をｘｚ面に沿って示す。図４に示されるように、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０は、基部３５１を含む。基部３５１はｘｙ面に沿って広がる。

【００５１】

基部３５１の上面上に、基板３５２が設けられている。基板３５２は、例えば、シリコン等の半導体からなる。基板３５２は、底面の縁において基板３５２の上面上に位置しており、中央部３５２ａにおいて縁よりも薄い。また、基板３５２は、中央部３５２ａにおいて、複数のアパーチャ３５３を含む。各アパーチャ３５３は、基板３５２の上面と底面に亘る。アパーチャ３５３は、ｘｙ面において配列されている。各アパーチャ３５３は、成形アパーチャアレイプレート３４０のアパーチャ３４０ａのｚ軸に沿った下方に位置し、ｘｙ面において、例えば、アパーチャ３４０ａのｘｙ面における形状と相似の形状を有し、アパーチャ３４０ａのｘｙ面における形状よりやや大きい。また、各アパーチャ３５３の中心は、ｘｙ面上において成形アパーチャアレイプレート３４０のアパーチャ３４０ａの中心と実質的に一致する。アパーチャ３５３は、成形アパーチャアレイプレート３４０のアパーチャ３４０ａを通過した電子ビームＥＢｍを通過させる。

【００５２】

ブランキングアパーチャアレイ機構３５０は、また、複数の電極対３５４を含む。各電極対３５４は、それぞれ１つのアパーチャ３４０ａのために設けられており、電極３５５及び３５６を含み、ブランカとして機能する。電極３５５及び３５６は、例えば銅を含むか、銅からなる。各電極対３５４の電極３５５及び３５６は、互いに離れており、当該電極対３５４が設けられる対象の１つのアパーチャ３５３を挟む。

【００５３】

基板３５２のうち、隣り合う電極対３５４の間（或る電極対３５４の電極３５５と隣接した電極対３５４の電極３５６との間）の部分に、レジスタ３５７が設けられている。各

レジスタ３５７は、１つの電極対３５４のために設けられている。各レジスタ３５７は、種々の制御信号を受け取り、この受け取った制御信号を保持し、制御信号に基づいて、当該レジスタ３５７が設けられる対象の１つの電極対３５４に電圧を印加する。各レジスタ３５７は、基板３５２に形成された複数のトランジスタ及び抵抗などの素子を含む。

【００５４】

基板３５２の中央部３５２ａの端に、シリアル・パラレル変換回路（Ｓ／Ｐ変換回路）３５９が設けられている。各Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、ＢＡＡ制御ユニット２４から制御データＤＬＳをシリアルに受け取り、この受け取った制御データＤＬＳを複数の部分に分割し、得られた複数の制御データＤＬをパラレルに出力する。Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、基板３５２に形成された複数のトランジスタ及び抵抗などの素子を含む。

【００５５】

図５は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構３５０の構造をｘｙ面に沿って示す。図５に示されるように、各電極３５６は、矩形から一辺が除かれた形状を有する。電極３５６の３つの辺は、当該電極３５６によって囲まれるアパーチャ３５３の３つの辺に沿って延びる。図５は、例として、各電極３５６が、アパーチャ３５３のｘ軸に平行な２つの辺と、ｙ軸に平行な２つの辺のうちの左側の辺に沿う構造を示す。

【００５６】

各電極３５５は、対応するアパーチャ３５３の辺のうちの、当該電極３５５と電極対３５４を構成する電極３５６が沿わない辺に沿って延びる。図５は、各電極３５５が、ｙ軸に平行な２つの辺のうちの右側の辺に沿う構造を示す。

【００５７】

電極３５６は接地されている（グランドに接続されている）。各電極３５５は、当該電極３５５に対応する１つのレジスタ３５７と電気的に接続されている。

【００５８】

各レジスタ３５７は、上記のように、種々の制御信号を受け取る。制御信号は、クロック信号及び制御データＤＬを含む。制御信号は、ＢＡＡ制御ユニット２４から供給される。レジスタ３５７は、また、内部電源電位ＶＣＣ（例えば、５Ｖ）のノードと接続されている。

【００５９】

各電極３５６は、共通（接地）電位ＶＳＳ（例えば、０Ｖ）のノードと接続されている。

【００６０】

図６は、第１実施形態のブランキングアパーチャアレイ機構３５０の回路図であり、さらに関連する要素を示す。図６は、１つのＳ／Ｐ変換回路３５９と、関連する要素のみを代表として示す。

【００６１】

図６に示されるように、Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、ＢＡＡ制御ユニット２４と接続されており、ＢＡＡ制御ユニット２４から、制御データＤＬＳ及び高速クロック（高速クロック信号）を受け取る。ＢＡＡ制御ユニット２４からＳ／Ｐ変換回路３５９への制御データＤＬＳの転送は、１ビットの幅の信号線を介して行われる。

【００６２】

Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、上記のように、受け取った制御データＤＬＳを複数の部分に分割して、この分割された部分からなる複数の制御データＤＬを並列に出力するシリアル・パラレル変換回路である。図６は、Ｓ／Ｐ変換回路３５９が、計４ビットの並列な制御データＤＬを出力する例を示す。Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、例えば、制御データＤＬＳ中の連続する４ビットのうちの最初のビットを制御データＤＬａとして出力し、２番目のビットを制御データＤＬｂとして出力し、３番目のビットを制御データＤＬｃとして出力し、４番目のビットを制御データＤＬｄとして出力する。こうして、連続する４ビットごとに、計４ビットの制御データＤＬａ、ＤＬｂＤＬｃ、及びＤＬｄが順に出力される。

【００６３】

Ｓ／Ｐ変換回路３５９は、各レジスタ３５７に制御データＤＬを転送する。

【００６４】
レジスタ３５７の１つは、入力において、Ｓ／Ｐ変換回路３５９から制御データＤＬａを受け取る。Ｓ／Ｐ変換回路３５９から制御データＤＬａを受け取るレジスタ３５７は、レジスタ３５７ａと称される。レジスタ３５７ａは、出力において、別のレジスタ３５７の入力と接続されている。同様にして、各レジスタ３５７ａの出力は、別のレジスタ３５７ａの入力と接続されている。レジスタ３５７ａは、ＢＡＡ制御ユニット２４から低速クロック（低速クロック信号）ＳＣＬＫを受け取る。低速クロックＳＣＬＫは、高速クロックの周期よりも長い周期を有する。低速クロックＣＬＫと、制御データＤＬによって転送されるシリアルなデータの各々が持続する期間とは、同期している。制御データＤＬによって転送されるシリアルなデータの各々が持続する期間は、以下、データ周期と称される場合がある。レジスタ３５７ａは、低速クロックの立上り又は立下り（以下、エッジと称される）をトリガとして、自身の入力で受け取っているデータを取り込む。また、レジスタ３５７ａは、低速クロックＳＣＬＫのエッジをトリガとして、保持しているデータを出力する。したがって、低速クロックＳＣＬＫのエッジに同期して、Ｓ／Ｐ変換回路３５９により近いレジスタ３５７ａに保持されているデータが、Ｓ／Ｐ変換回路３５９からより遠い隣のレジスタ３５７ａへと転送される。このように、各レジスタ３５７ａは、受け取ったデータを保持し、保持しているデータを、自身と直列に接続された別のレジスタ３５７ａに出力する。すなわち、直列接続されたレジスタ３５７ａの組は、シフトレジスタ３５７１ａを構成する。

【００６５】
各レジスタ３５７ａは、当該レジスタ３５７ａが制御する対象の１つの電極３５５と、レベルシフタ（図示せず）を介して接続されている。レジスタ３５７ａとレベルシフタを介して接続された電極３５５は、電極３５５ａと称される。各レジスタ３５７ａは、保持しているデータに基づいて、当該レジスタ３５７ａが接続された電極３５５ａに、レベルシフタによって変換された大きさの電圧を供給する。各電極３５５ａによって部分的に周囲を囲まれるアパーチャ３５３は、アパーチャ３５３ａと称される。

【００６６】
Ｓ／Ｐ変換回路３５９から制御データＤＬａを順に受け取るレジスタ３５７がレジスタ３５７ａと称されるのと同様に、制御データＤＬｂ、ＤＬｃ、及びＤＬｄを受け取るレジスタ３５７は、それぞれ、レジスタ３５７ｂ、３５７ｃ、及び３５７ｄと称される。レジスタ３５７ａからの電圧を受ける電極３５５が電極５５５ａと称されるのと同様に、レジスタ３５７ｂ、３５７ｃ、及び３５７ｄからの電圧をそれぞれ受ける電極３５５は、それぞれ、電極３５５ｂ、３５５ｃ、及び３５５ｄと称される。さらに、各電極３５５ａによって部分的に周囲を囲まれるアパーチャ３５３がアパーチャ３５３ａと称されるのと同様に、電極３５４ｂ、３５４ｃ、及び３５４ｄによって部分的に周囲を囲まれるアパーチャ３５３は、それぞれ、アパーチャ３５３ｂ、３５３ｃ、及び３５３ｄと称される。

【００６７】
制御データＤＬａ、レジスタ３５７ａ、及び電極３５５ａについての記述の表記「ａ」が「ｂ」に置き換えられた記述が、制御データＤＬｂ、レジスタ３５７ｂ、及び電極３５５ｂに当てはまる。同様に、制御データＤＬａ、レジスタ３５７ａ、及び電極３５５ａについての記述の表記「ａ」が「ｃ」に置き換えられた記述が、制御データＤＬｃ、レジスタ３５７ｃ、及び電極３５５ｃに当てはまる。同様に、制御データＤＬａ、レジスタ３５７ａ、及び電極３５５ａについての記述の表記「ａ」が「ｄ」に置き換えた記述が、制御データＤＬｄ、レジスタ３５７ｄ、及び電極３５５ｄに当てはまる。

【００６８】
図７は、第１実施形態の１つのシフトレジスタ３５７１の要素及び接続を示す。図７は、例として、制御データＤＬａを転送するシフトレジスタ３５７１ａについて示す。図７に示されるように、各レジスタ３５７ａは、例えば、Ｄ型フリップフロップである。

【００６９】
シフトレジスタは、ｎ（ｎは自然数）個のＤ型フリップフロップ３５７ａを含む。第１

段のＤ型フリップフロップ３５７ａはＤ入力においてＳ／Ｐ変換回路３５９から制御データＤＬａを受け取る。ｉ（ｉはｎ以下の自然数）が１乃至ｎの全てのケースについて、第ｉ段のフリップフロップはＱ出力において第（ｉ＋１）段のフリップフロップ３５７のＤ入力と接続されている。各フリップフロップ３５７ａは、Ｑ出力において、１つの制御対象の電極３５５ａと接続されている。各フリップフロップ３５７ａは、クロック入力において、低速クロックＳＣＬＫを受け取る。

【００７０】

図７は、制御データＤＬａを転送するシフトレジスタ３５７１ａについて示すが、制御データＤＬｂ、ＤＬｃ、及びＤＬｄを転送するシフトレジスタについても同様である。すなわち、図７を参照したなされた記述の表記「ａ」が「ｂ」、「ｃ」、及び「ｄ」に置き換えられた記述が、それぞれ、制御データＤＬｂ、制御データＤＬｃ、及び制御データＤＬｄを転送するシフトレジスタ３５７１ｂ、３５７１ｃ、及び３５７１ｄの記述として当てはまる。

【００７１】

図８に示されるように、各フリップフロップ３５７は、自身が現在保持している制御データＤＬに基づく大きさの駆動電圧ＤＶを、自身のＱ出力と接続された電極３５５に印加する。すなわち、各フリップフロップ３５７ａに保持されている制御データＤＬは、このフリップフロップ３５７ａと接続された電極３５５ａへの低電圧又は高電圧の駆動電圧ＤＶの印加を指示する。低電圧は、例えば、共通電位ＶＳＳ（例えば、０Ｖ）の大きさを有する。高電圧は、例えば、内部電源電位ＶＣＣの大きさを有する。制御データＤＬは、例えば、“０”データ又は“Ｌ”レベルによって、低電圧の駆動電圧ＤＶの印加を指示する。制御データＤＬは、例えば、“１”データ又は“Ｈ”レベルによって、高電圧の駆動電圧ＤＶの印加を指示する。

【００７２】

フリップフロップ３５７中の制御データＤＬが低電圧の駆動電圧ＤＶの印加を指示している場合、低電圧の駆動電圧ＤＶがＱ出力から出力される。この場合、電極３５５と電極３５６の間に電位差はなく、ひいては電界は生じない。よって、電子ビームＥＢｍは、電極３５５及び３５６によって軌道を曲げられず（ブランキングされず）、実線で示されるように、電子ビームＥＢｍは、電極３５５及び３５６の間の領域に進入した際の電子ビームＥＢｍの進行方向と同じ方向に進む。

【００７３】

一方、フリップフロップ３５７中の制御データＤＬが高電圧の駆動電圧ＤＶの印加を指示している場合、高電圧の駆動電圧ＤＶがＱ出力から出力される。この場合、電極３５５と電極３５６の間に電位差が生じ、ひいては電界が生じる。よって、電子ビームＥＢｍは、電極３５５及び３５６によって軌道を曲げられ（ブランキングされ）、破線で示されるように、電極３５５及び３５６の間の領域に進入した際の電子ビームＥＢｍの進行方向と異なる方向に進む。

【００７４】

このように、或るレジスタ３５７が正常であるとともに、このレジスタ３５７に保持されている制御データＤＬが高電圧の印加を指示している場合、このレジスタ３５７と接続された電極３５５への高電圧の印加によって、電子ビームＥＢｍの軌道が曲げられる。一方、或るレジスタ３５７が正常でない場合、このレジスタ３５７に保持されている制御データＤＬが高電圧の印加を指示していても、このレジスタ３５７と接続された電極３５５に高電圧が印加されず、電子ビームＥＢｍの軌道が曲がらない。レジスタ３５７は、後に詳述されるように複数のトランジスタＴを含み、レジスタ３５７が正常でない状態は、レジスタ３５７に含まれるいずれかのトランジスタＴが正常でない場合に相当する。レジスタ３５７に含まれるトランジスタＴが正常でない場合は、トランジスタＴの性能が劣化し、トランジスタＴが当初（例えば、トランジスタＴの製造直後）と同じ特性を示さないことを含む。

【００７５】

図９は、第１実施形態のＤ型フリップフロップ３５７の要素及び接続の例を示す。各Ｄ型フリップフロップ３５７は、例として、図９に示される要素及び接続を有することが可能である。図９に示されるように、Ｄ型フリップフロップ３５７は、ＮＡＮＤゲートＮＤ１、ＮＤ２、ＮＤ３、ＮＤ４、ＮＤ５、ＮＤ６、ＮＤ７、及びＮＤ８、並びにインバータ（否定回路）ＩＶ１及びＩＶ２を含む。

【００７６】

インバータＩＶ１の入力は、Ｄ型フリップフロップ３５７のクロック入力として機能する。インバータＩＶ１の出力は、インバータＩＶ２の入力と接続されている。

【００７７】

ＮＡＮＤゲートＮＤ１の第１入力は、Ｄ型フリップフロップ３５７のＤ入力として機能する。ＮＡＮＤゲートＮＤ１の第２入力は、インバータＩＶ１の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ１の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ２の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ１の出力はまた、ＮＡＮＤゲートＮＤ３の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ３の第２入力は、インバータＩＶ１の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ３の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ４の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ４の第２入力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ２の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ４の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ２の第２入力と接続されている。

【００７８】

ＮＡＮＤゲートＮＤ２の出力はまた、ＮＡＮＤゲートＮＤ５の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ５の第２入力は、インバータＩＶ２の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ５の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ６の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ５の出力はまた、ＮＡＮＤゲートＮＤ７の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ７の第２入力は、インバータＩＶ２の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ７の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ８の第１入力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ８の第２入力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ６の出力と接続されている。ＮＡＮＤゲートＮＤ８の出力は、ＮＡＮＤゲートＮＤ６の第２入力と接続されている。

【００７９】

ＮＡＮＤゲートＮＤ６の出力は、Ｄ型フリップフロップ３５７のＱ出力として機能する。ＮＡＮＤゲートＮＤ８の出力は、Ｄ型フリップフロップ３５７の￣Ｑ出力として機能する。記号「￣」は、記号「￣」を伴わない名称の信号の反転の論理を示す。

【００８０】

ＮＡＮＤゲートＮＤ１～ＮＤ８は、ＮＡＮＤゲートとして機能する限り、どのような要素及び接続を有していてもよい。以下に一例が記述される。図１０は、第１実施形態のＮＡＮＤゲートＮＤ（ＮＤ１～ＮＤ８）の要素及び接続の例を示す。

【００８１】

図１０に示されるように、ＮＡＮＤゲートＮＤは、ｐ型のＭＯＳＦＥＴ（metal oxide silicon field effect transistor）ＴＰ１及びＴＰ２、並びにｎ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＮ１及びＴＮ２を含む。トランジスタＴＰ１及びＴＰ２は、内部電源電位ＶＣＣのノードとノードＮ１との間に並列に接続されている。ノードＮ１は、ＮＡＮＤゲートＮＤの出力Ｏｕｔとして機能する。トランジスタＴＮ１及びＴＮ２は、ノードＮ１と接地電位ＶＳＳのノードとの間に直列に接続されている。

【００８２】

トランジスタＴＰ１及びＴＮ１のそれぞれのゲートは、互いに接続されており、ＮＡＮＤゲートＮＤの第１入力Ｉｎ１として機能する。トランジスタＴＰ２及びＴＮ２のそれぞれのゲートは、互いに接続されており、ＮＡＮＤゲートＮＤの第２入力Ｉｎ２として機能する。

【００８３】

インバータＩＶ１及びＩＶ２は、インバータとして機能する限り、どのような要素及び接続を有していてもよい。以下に一例が記述される。図１１は、第１実施形態のインバータＩＶ（ＩＶ１及びＩＶ２）の要素及び接続の例を示す。

【００８４】
図１１に示されるように、インバータＩＶは、ｐ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＰ５及びｎ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＮ５を含む。トランジスタＴＰ５は、内部電源電位ＶＣＣのノードとノードＮ５との間に接続されている。ノードＮ５は、インバータＩＶの出力ＯＵＴとして機能する。トランジスタＴＮ５は、ノードＮ５と接地電位ＶＳＳのノードとの間に接続されている。トランジスタＴＰ５及びＴＮ５のそれぞれのゲートは、互いに接続されており、インバータＩＶの入力ＩＮとして機能する。
【００８５】
１．２．動作
図１２は、第１実施形態の制御装置２１の機能ブロックを示す。すなわち、制御装置２１は、描画装置１の動作の間、図１２に示される機能ブロックを含むものとして動作する。各機能ブロックは、図２を参照して記述されるように、プロセッサ２１１によってプログラムが実行されることによって実現されることが可能である。いくつかの機能ブロックがハードウェアによって実現されてもよい。
【００８６】
図１２に示されるように、制御装置２１は、ラスタライズ部２２１、モジュレーション計算部２２２、高速データ転送部２２３、位置決め部２２４、及びＢＡＡ診断部２２５を含む。
【００８７】
ラスタライズ部２２１は、例えば、描画装置１のユーザからの入力に基づいて、外部から、例えばベクトル形式の描画データを受け取り、描画データをラスタライズして、ビットマップ形式の描画データを生成する。
【００８８】
モジュレーション計算部２２２は、ラスタライズ部２２１から描画データを受け取る。モジュレーション計算部２２２は、描画データに基づいて、描画のための各要素の制御のための制御データを生成する。生成される制御データは、ＢＡＡ制御データ、及びビーム制御データを含む。ＢＡＡ制御データは、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０でのブランキング制御に使用され、高速データ転送部２２３に供給される。ＢＡＡ制御データは、高電圧の駆動電圧ＤＶを出力すべきレジスタ３５７を指定するとともに、駆動電圧ＤＶの大きさを指定する。以下、ＢＡＡ制御データによる指定により駆動電圧ＤＶを出力すべきレジスタ３５７は、選択レジスタ３５７ｓと称される場合がある。ビーム制御データは、ビームの位置及び照射量の制御に使用され、位置決め部２２４に供給される。モジュレーション計算部２２２は、ＢＡＡ制御データの生成に、後述のＢＡＡ診断部２２５から供給されるデータを加味する。
【００８９】
高速データ転送部２２３は、ＢＡＡ制御データを、インターフェイス２１６（図示せず）を介して、ＢＡＡ制御ユニット２４に供給する。位置決め部２２４は、ビーム制御データに基づいて、種々の制御データを生成する。生成された制御データは、インターフェイス２１６を介して、照射量制御ユニット２５、偏向器アンプ２７、ステージ駆動装置２８に供給される。
【００９０】
ＢＡＡ診断部２２５は、プログラム及び描画装置１のユーザからの入力に基づいて、ＢＡＡの診断のための処理を実行し、この診断の結果を示すデータをモジュレーション計算部２２２に供給する。モジュレーション計算部２２２は、診断結果データを使用して、ＢＡＡ制御データを生成する。次に、ＢＡＡ診断部２２５による動作が記述される。
【００９１】
図１３は、第１実施形態の描画装置１による動作のフローを示す。より具体的には、図１３は、描画及び描画の準備のための動作のフローを示す。図１３のフローは、例えば、描画装置１のユーザによる操作により開始する。いくつかのステップは後に詳述される。
【００９２】

ステップＳＴ１からのいくつかのステップにおいて、ＢＡＡ診断部２２５は、近い将来に故障すると予想されるレジスタ３５７を特定する。具体的には、ステップＳＴ１において、ＢＡＡ診断部２２５は、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０の制御、特に制御データＤＬの送信に通常使用される条件よりも悪い条件を使用することをモジュレーション計算部２２２に指示する。通常使用される条件は、劣化していないブランキングアパーチャアレイ機構３５０に対して使用される条件であり、例えば、描画装置１の製造直後の状態のブランキングアパーチャアレイ機構３５０に対して使用される条件である。悪い値へと変更される条件は、例えば、制御データＤＬの“Ｈ”レベルの電圧の大きさ、及び低速クロックＳＣＬＫの周期（以下、低速クロック周期と称される場合がある）及びデータ周期の組の出力期間を含む。制御データＤＬの“Ｈ”レベルについてのより悪い条件は、大きさの、より小さな“Ｈ”レベル電圧で、各レジスタ（フリップフロップ）３５７が受け取ることによって“Ｈ”レベル（すなわち“１”データ）を保持するものの通常使用される条件での“Ｈ”レベル電圧より低い電圧である。低速クロック周期及びデータ周期の組についてのより悪い条件は、より短い低速クロック周期及びデータ周期出力期間である。

【００９３】

ＢＡＡ診断部２２５は、ステップＳＴ１で設定される条件でのブランキングアパーチャアレイ機構３５０の制御によって正常に動作しないレジスタ３５７の特定を試みる。すなわち、ＢＡＡ診断部２２５は、レジスタ３５７が正常に動作しているか否かを判断（又は確認或いは検査）する。レジスタ３５７、特にレジスタ３５７中のトランジスタＴは、劣化により性能が低下し得る。性能が劣化したレジスタ３５７は、或る時点で、通常の条件、すなわちレジスタ３５７が劣化していない場合に適用される条件での制御によって動作していても、近い将来に劣化が進んで、通常の条件で正常に動作しなくなる可能性がある。このようなレジスタ３５７については、ＢＡＡ診断部２２５が意図的に通常の条件よりも悪い条件を使用し、この悪い条件での正常な動作の可否によって、検出することが可能である。ＢＡＡ診断部２２５は、条件を悪くするほど、劣化が少ないレジスタ３５７も検出することが可能である。使用される悪い条件は、どの程度の劣化を検出の対象とするかに依存する。使用される悪い条件は、例えば、描画装置１のユーザによる、値の選択又は入力により決定されることが可能である。例えば、最も高い感度での検出を行うために、最悪の条件が使用されることが可能である。最悪の条件は、例えば、トランジスタＴが、設計上及び（又は）仕様上、オンになる条件である。例えば、最悪の条件は、トランジスタＴがオンになる、設計上及び（又は）仕様上の最低の閾値電圧である。及び（又は）、最悪の条件は、シフトレジスタ３５７１が正常にデータを取り込むとともに保持できる、設計上及び（又は）仕様上の最短の低速クロック周期及びデータ周期である。

【００９４】

ステップＳＴ２において、ＢＡＡ診断部２２５は、使用することを決定された条件で、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０、特にレジスタ３５７の故障診断を行う。具体的には、ＢＡＡ診断部２２５は、使用することを決定された条件での電子ビームの照射及びブランキングを、モジュレーション計算部２２２に指示する。モジュレーション計算部２２２は、受け取った指示に基づいて、指示された条件でレジスタ３５７を制御することを指示するＢＡＡ制御データを生成する。生成されたＢＡＡ制御データは、ＢＡＡ制御ユニット２４からブランキングアパーチャアレイ機構３５０に送信される。ＢＡＡ診断部２２５は、ＢＡＡ制御データに基づくブランキングアパーチャアレイ機構３５０の動作の間、電子ビームＥＢｍの状態を検査する。すなわち、或るレジスタ３５７ｓが正常に動作しているかを、当該選択レジスタ３５７ｓと接続された電極３５５及び当該電極３５５と対を構成する電極３５６の間を通過する電子ビームＥＢｍがブランキングされているかを観察することによって、間接的に判断する。ブランキングされている場合、検査対象の選択レジスタ３５７ｓが正常に動作していると判断され、よって選択レジスタ３５７ｓは故障していない（正常に動作している）と判断される。ブランキングされていない場合、検査対象の選択レジスタ３５７ｓが正常に動作していないと判断され、よって選択レジスタ３５７ｓは、故障している（正常に動作していない）と判断される。ＢＡＡ診断部２２５は

、例えば、全てのレジスタ３５７について診断する。ＢＡＡ診断部２２５は、故障していると判断されたレジスタ３５７を特定する情報を、例えば、記憶装置２１３において保持する。

【００９５】

ステップＳＴ３において、ＢＡＡ診断部２２５は、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０が正常であるかどうかを判断する。判断は、例えば、ステップＳＴ２で、全てのレジスタ３５７が故障していないと判断されることである。正常であるとの判断の場合（ステップＳＴ３のＹｅｓ）、描画の準備は完了する。この場合、描画装置１は、例えば出力装置２１５を使用して、故障診断が完了したこと、及び故障が検出されなかったことをユーザに通知する。この通知を受けて、ユーザは描画を行う（ステップＳＴ１０）。

【００９６】

ステップＳＴ３においてブランキングアパーチャアレイ機構３５０が正常でないと判断される場合（ステップＳＴ３のＮｏ）、処理は、ステップＳＴ４に移行する。ステップＳＴ４以降のいくつかのステップにおいて、ＢＡＡ診断部２２５は、全てのレジスタ３５７のうち、ステップＳＴ２において故障していると判断された、いくつかの又は全てのレジスタ３５７に対して、さらなる診断を行う。以下、ステップＳＴ４で診断されるレジスタ３５７は、対象レジスタ３５７ｔと称される。

【００９７】

具体的には、ステップＳＴ４において、ＢＡＡ診断部２２５は、対象レジスタ３５７ｔに入力される制御データＤＬ、すなわち、対象レジスタ３５７ｔを含んだシフトレジスタ３５７１に入力される制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧の大きさをループごとに変更しながら繰り返して、対象レジスタ３５７ｔが正常に動作するかを判断する。“Ｈ”レベル電圧は、例えば、ステップＳＴ２で使用された“Ｈ”レベル電圧から、ループ数の増加の度に或る大きさの増分で増加される。ループの繰返しの過程の或るループで、対象レジスタ３５７ｔは、正常に動作する。ＢＡＡ診断部２２５は、その時の“Ｈ”レベル電圧の大きさを、当該対象レジスタ３５７ｔと関連付けて、記憶装置２１３において保持する。ループの繰返しの過程の或るループで初めて対象レジスタ３５７ｔが正常に動作した時の“Ｈ”レベル電圧は、ステップＳＴ１で設定される最悪の条件、例えば、トランジスタＴがオンになる、設計上及び（又は）仕様上の最低の閾値電圧に、最も近い。

【００９８】

“Ｈ”レベル電圧の大きさの変更に代えて、又は、これに加えて、ＢＡＡ診断部２２５は、低速クロックＳＣＬＫの周期及び制御データＤＬのデータ周期をループごとに変更しながら、対象レジスタ３５７ｔが正常に動作するかを判断することができる。上記のように、低速クロックＳＣＬＫの周期と制御データＤＬのデータ周期は同期している。よって、以下、低速クロックＳＣＬＫの周期及び制御データＤＬのデータ周期は、単に、低速クロックＳＣＬＫの周期（又は低速クロック周期）と称される場合がある。「低速クロックＳＣＬＫの周期」と「制御データＤＬのデータ周期」は、以下の記述において、互いに置換可能である。低速クロック周期は、例えば、ステップＳＴ２で使用された低速クロック周期から、ループ数の増加の度に或る大きさの増分で長くされる。ループの繰返しの過程の或るループで、対象レジスタ３５７ｔは、正常に動作する。ＢＡＡ診断部２２５は、その時の低速クロック周期を、当該対象レジスタ３５７ｔと関連付けて、記憶装置２１３において保持する。ループの繰返しの過程の或るループで初めて対象レジスタ３５７ｔが正常に動作した時の低速クロック周期は、ステップＳＴ１で設定される最悪の条件、例えば、低速クロック周期及びデータ周期の設計上及び（又は）仕様上の最短の周期に最も近い。

【００９９】

ＢＡＡ診断部２２５は、ここまで記述された、或る対象レジスタ３５７ｔについての診断を、全ての対象レジスタ３５７ｔに対して行うことができる。ＢＡＡ診断部２２５は、全ての対象レジスタ３５７ｔについての診断を並行して、すなわち共通のループにおいて、行うことができる。ステップＳＴ４については、後にさらに記述される。

【０１００】

ステップＳＴ５において、ＢＡＡ診断部２２５は、全ての対象レジスタ３５７ｔの各々についての故障までに要すると予想される時間を、ステップＳＴ４で得られた情報に基づいて見積もる。すなわち、対象レジスタ３５７ｔを正常に動作させる“Ｈ”レベル電圧の大きさは、当該対象レジスタ３５７ｔの劣化の程度と相関している。また、劣化の程度は、当該対象レジスタ３５７ｔが、将来使用されることに伴う劣化の進行によって、現在から通常の条件で動作しなくなるまでの時間、すなわち、故障するまでの時間と相関している。この事実が利用されて、ＢＡＡ診断部２２５は、対象レジスタ３５７ｔを正常に動作させる“Ｈ”レベル電圧の大きさを用いて、現在から故障するまでの時間を見積もる。

【０１０１】

ステップＳＴ４と同様に、“Ｈ”レベル電圧の大きさに基づく故障までの時間の見積もりに代えて、又は、これに加えて、ＢＡＡ診断部２２５は、低速クロック周期に基づいて、対象レジスタ３５７ｔの故障までの時間を見積もることができる。すなわち、対象レジスタ３５７ｔを正常に動作させる低速クロック周期は、当該レジスタ３５７ｔの劣化の程度と相関している。また、劣化の程度は、当該レジスタ３５７ｔが、将来使用されることに伴う劣化の進行によって、現在から故障するまでの時間と相関している。この事実が利用されて、ＢＡＡ診断部２２５は、対象レジスタ３５７ｔを正常に動作させる低速クロック周期を用いて、現在から故障するまでの時間を見積もる。

【０１０２】

ステップＳＴ５については、後にさらに記述される。

【０１０３】

ステップＳＴ６において、ＢＡＡ診断部２２５は、全ての対象レジスタ３５７ｔのそれぞれについて見積もられた故障時間（以下、見積故障時間と称される場合がある）が、或る閾値（基準時間）以下であるかを判断する。描画の間は、描画装置１中の部品に故障が生じても、故障した部品は交換されることができず、一方で、１回の描画は時間を要する。このため、描画の最中に部品が故障しないことが求められる。全ての対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が１回の描画に要する時間より長ければ、次の描画の間に対象レジスタ３５７ｔが故障することは避けられる。このことに基づいて、閾値は、例えば、１回の描画に要する時間とすることが可能である。見積故障時間の予測が外れ、実際に描画した際に１回の描画に要する時間内に対象レジスタ３５７ｔに故障が発生してしまう可能性がある。これを考慮し、閾値は、少し見積故障時間に余裕を持たせ、１回の描画に要する時間よりも長い時間、例えば２回の描画に要する時間としても良い。又は、閾値は、描画の計画に基づいて定まる、ユーザが少なくともこの間には故障が発生することを避けたいと望む期間に設定されることが可能である。閾値は、例えば、予め、特に図１３のフローの開始前に、ユーザによって入力されることが可能である。

【０１０４】

全ての対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が閾値以下でない（閾値を超える）場合（ステップＳＴ６のＮｏ）、処理はステップＳＴ１０に移行する。

【０１０５】

いずれか１つの対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が閾値以下の場合（ステップＳＴ６のＹｅｓ）、処理はステップＳＴ８に移行する。ステップＳＴ８において、ＢＡＡ診断部２２５は、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０の故障までに要すると見積もられる時間が閾値以下である旨を、例えば出力装置２１５を使用してユーザに通知する。通知は、例えば、見積故障時間が閾値を超えるレジスタ３５７を特定する情報を含むことが可能である。

【０１０６】

ステップＳＴ９において、ユーザは、見積故障時間が閾値以下であるレジスタ３５７を欠陥として、欠陥に対する補正を行う。この補正は、例えば制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧を大きくする、もしくは低速クロック周期（及び制御データＤＬのデータ周期）を長くする（周波数を下げる）ことを含む。これによりレジスタ３５７の動作を保障する。又は、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０を交換することを含む。交換することによ

りレジスタ３５７の動作を保障する。又は、レジスタ３５７のみの交換が可能である場合、閾値以下である見積故障時間を有するレジスタ３５７を交換する。交換することによりレジスタ３５７の動作を保障する。

【０１０７】

ステップＳＴ９として、以下の補正も可能である。すなわち、故障が生じると故障したレジスタ３５７のＱ出力は、制御データＤＬによらずに、故障に応じたレベルに固定される。よって、故障したレジスタ３５７のＱ出力によってブランキングを制御されるビームに対するブランキングの有無は固定される。このため、このビームが常時ブランキングされる、又は常時ブランキングされないビームとして使用された上で、他の正常に動作しているレジスタ３５７によって制御されるビームによって、ブランキングの有無が固定されているビームによる動作が補正される。

【０１０８】

図１３のステップＳＴ９における故障が起こり得ることに対する対策としては、故障したシフトレジスタ出力の偏向は固定化されるので、例えば従来から知られている常時オン／オフビームとして、他の正常なビームにより補正されるよう描画するようにしても良い。

【０１０９】

次に、図１４を参照して、ステップＳＴ１がさらに記述される。図１４は、第１実施形態のトランジスタＴの特性の劣化の前後の特性の例を示す。図１４は、例として、レジスタ３５７のｎ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＮ（例えば、トランジスタＴＮ１、ＴＮ２、又はＴＮ５）のゲート・ソース間電圧とドレイン電流との関係を示す。トランジスタＴＮは、図１４（ａ）に示されるように、ゲート・ソース間電圧Ｖｇｓの大きさに基づいて異なるドレイン電流Ｉｄを流す。

【０１１０】

図１４（ｂ）は、トランジスタＴＮの特性の劣化の前後の特性を示す。図１４（ｂ）の左側の部分に示されるように、トランジスタＴＮの特性の劣化の前は、トランジスタＴＮの閾値電圧は或る大きさのＶｔｈである。このトランジスタＴＮに対して電圧ＶＩ（＞Ｖｔｈ）がトランジスタＴＮのゲート・ソース間に印加されると、トランジスタＴＮはオンになる。電圧ＶＩは、通常条件でトランジスタＴＮに印加される電圧であり、以下、標準電圧ＶＩと称される。トランジスタＴＮの特性が劣化して、図１４（ｂ）の右側において実線で示される特性を有するようになったとする。このトランジスタＴＮは、特性の劣化によって劣化前の閾値電圧Ｖｔｈより高い閾値電圧Ｖｔｈｄを有し、閾値電圧Ｖｔｈｄは標準電圧ＶＩより高い。このため、このように劣化したトランジスタＴＮは、標準電圧ＶＩの印加によっても、オンにならない。

【０１１１】

一方、図１５に示されるように、トランジスタＴＮは、ある時点で、劣化により閾値電圧Ｖｔｈｄ１を有する。閾値電圧Ｖｔｈｄ１は、閾値電圧Ｖｔｈより高いが、標準電圧ＶＩより低い。このため、トランジスタＴＮは、標準電圧ＶＩの印加によってオンになる。しかしながら、トランジスタＴＮは、次の描画の間に劣化が進んで、描画の間に標準電圧ＶＩより高い閾値電圧(例えば、図１４（ｂ）の右側の部分に記載のＶｔｈｄ)を有するに至り得る。この場合、トランジスタＴＮは、描画の途中から、標準電圧ＶＩの印加によってもオンにならなくなる。これが起きることを避けるために、図１３のステップＳＴ１において記述されるように、トランジスタＴＮに、通常印加される標準電圧ＶＩより低い電圧、例えば、電圧ＶＩＷを印加することにより、トランジスタＴＮが劣化していることが特定されることが可能である。図１５の右側の部分に示されるように、劣化前のトランジスタＴＮ（破線の特性）は、或る時間ＴＲに亘る標準電圧ＶＩより低い電圧ＶＩＷの印加によってもオンになるが、他方、劣化により閾値電圧Ｖｔｈｄ１を有するトランジスタＴＮ（実線の特性）は、時間ＴＲに亘る電圧ＶＩＷの印加によってオンにならない。よって、このような電圧の印加によって、トランジスタＴＮが劣化していることを特定することが可能である。

【０１１２】

この現象が利用されることにより、以下に記述されるように、劣化したトランジスタＴＮを含んだレジスタ３５７が特定されることが可能である。すなわち、標準の大きさの“Ｈ”レベル電圧を有する或る制御データＤＬ（例えば、制御データＤＬａ）を受け取る各レジスタ３５７は、このレジスタ３５７中のいずれのトランジスタＴＮも劣化していなければ、正常に動作する。すなわち、制御データＤＬに基づいて、レジスタ３５７と接続された電極３５５に“Ｈ”レベルに基づく駆動電圧ＶＤを印加する。しかしながら、いずれかのトランジスタＴＮが劣化している場合、このトランジスタＴＮは、標準の大きさの“Ｈ”レベル電圧より低い“Ｈ”レベル電圧を受け取ってもオンにならない。よって、劣化しているトランジスタＴＮを含んだレジスタ３５７は、より低い“Ｈ”レベル電圧の制御データＤＬを受け取っても、正常に動作しない。この結果、この電極３５５と面するアパーチャ３５３を通過する電子ビームＥＢｍはブランキングされない。このことに基づいて、制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧が標準の大きさより低くされることにより、劣化しているトランジスタＴＮを含んだレジスタ３５７が見つけられることが可能である。

【０１１３】

制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧が小さくされることにより、例えば、レジスタ３５７の初段のトランジスタＴＮ（すなわち、ＮＡＮＤゲートＮＤ１及びＮＤ３のトランジスタＴＮ１）が正常であっても、このトランジスタＴＮの出力は、標準の大きさの“Ｈ”レベル電圧の制御データＤＬが印加された場合の“Ｈ”レベルの出力より小さい。よって、２段目以降のトランジスタＴＮ１のゲートにも、より小さい出力の“Ｈ”レベルの電圧が印加される。すなわち、制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧を小さくすることによって、レジスタ３５７の各ノードでの“Ｈ”レベル電圧は、制御データＤＬの標準の大きさの“Ｈ”レベル電圧が印加される場合よりも小さい。よって、或るレジスタ３５７中に１つでも標準の大きさの“Ｈ”レベル電圧の制御データＤＬの入力によってオンにならないトランジスタＴＮが存在する場合、レジスタ３５７は正常に動作しない。このため、結果として、制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧を小さくすることによって、或るレジスタ３５７中の全てのトランジスタＴＮが正常か、又は少なくとも１つのトランジスタＴＮが劣化しているかが判断されることが可能である。

【０１１４】

図１４及び図１５を参照して、閾値電圧に基づいて、劣化したトランジスタＴＮを特定する方法が記述されたが、ゲート・ソース間電圧Ｖｇｓの印加時間についても同様の現象が起こる。すなわち、特性の劣化したトランジスタＴＮは、劣化前と同じ電圧印加時間ＴＩに亘る標準電圧ＶＩの印加によっても、オンにならなくなり得る。或るトランジスタＴＮは、現状では、オンになるためにゲート・ソース間電圧Ｖｇｓを印加されている時間（以下、必要電圧印加時間と称される場合がある）がＴＯであっても、次の描画の間に劣化が進んで、必要電圧印加時間ＴＯｄ（＞ＴＩ）を有するに至り得る。このことに基づいて、図１３のステップＳＴ１において記述されるように、低速クロック周期が短くされる。低速クロック周期は、レジスタ３５７からの電圧の出力の時間に影響する。よって、トランジスタＴＮに、通常の条件に含まれる電圧印加時間ＴＩより短い時間、例えば、時間ＴＯＷに亘ってゲート・ソース間電圧Ｖｇｓ、例えば、標準電圧ＶＩを印加することにより、トランジスタＴＮが劣化していることが特定されることが可能である。劣化前のトランジスタＴＮは、必要電圧印加時間ＴＯより短い電圧印加時間ＴＯＷに亘ってしか標準電圧ＶＩを印加されなくてもオンになる。一方、劣化により必要電圧印加時間ＴＯｄ１（＞ＴＯＷ）を有するトランジスタＴＮは、電圧印加時間ＴＯＷに亘って標準電圧ＶＩを印加されてもオンにならない。よって、このような時間に亘る標準電圧ＶＩの印加によって、トランジスタＴＮが劣化していることが特定されることが可能である。

【０１１５】

この現象が利用されることにより、制御データＤＬの“Ｈ”レベル電圧が小さくされる場合と同じ原理により、劣化したトランジスタＴＮを含んだレジスタ３５７は、正常に動作しない。よって、劣化したレジスタ３５７が特定されることが可能である。

【０１１６】

ここまで、図１４及び図１５を参照して、ｎ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＮについて記述された。この記述は、ｐ型のＭＯＳＦＥＴ　ＴＰについても同様である。すなわち、より劣化しているｐ型トランジスタＴＰは、より低い閾値電圧を有する。ｐ型のトランジスタＴＰ１についての電圧印加時間については、ｎ型トランジスタＴＮと同じであり、トランジスタＴＰ１がより劣化しているほど、必要電圧印加時間はより長い。よって、或るレジスタ３５７が少なくとも１つの劣化したｎ型トランジスタＴＮ又は少なくとも１つの劣化したｐ型トランジスタＴＰを含んでいると、このレジスタ３５７は正常に動作しない。

【０１１７】

次に、図１６を参照して、図１３のステップＳＴ５をさらに詳細に記述する。図１６は、例として、第１実施形態のレジスタ３５７のトランジスタＴＮの劣化と使用時間との関係を示す。レジスタ３５７（特に、その中のトランジスタＴＮ及びＴＰ）の特性の劣化は、トランジスタＴＮ及びＴＰがこれまでに使用された時間の累積に相関する。図１６及び以下の記述は、或るレジスタ３５７中で劣化したことにより、このレジスタ３５７中のトランジスタＴＮのうちのこのレジスタ３５７が正常に動作することを妨げている或るトランジスタＴＮａに関する。また、図１６及び以下の記述は、或る劣化したトランジスタＴＰについても同様の記述が当てはまる。

【０１１８】

トランジスタＴＮの劣化は、トランジスタＴＮ自体の使用のみに起因せず、トランジスタＴＮが劣化する環境に晒された時間に依存する。トランジスタＴＮは、描画による電子ビームＥＢｍの照射によって生じるＸ線に対する被曝などの、描画のために生じる環境によって劣化するからである。よって、トランジスタＴＮは、描画の時間、厳密には電子ビームＥＢｍの照射の時間に少なくとも部分的に依存する。この関係が、図１３のステップＳＴ４での故障時間の見積もりに利用される。

【０１１９】

例として、劣化に起因する、トランジスタＴＮの閾値電圧の上昇が、描画が行われた時間の累積の時間ｔ１の経過後に生じたものとする。この場合、劣化前の閾値電圧Ｖｔｈと劣化後のＶｔｈｄ１の差は、時間ｔ１に相関する。このような累積時間と劣化前後の閾値電圧の差の関係が、様々なケースについて、実験及び（又は）シミュレーションによって予め取得される。例えば、複数のトランジスタＴＮについての関係の平均、又は複数のトランジスタＴＮのうちの１つについての関係が代表として用いられる。こうして得られた複数の離散的な関係が補間され、又は数式によって近似される。この結果、図１６の下部に示されるように、トランジスタＴＮの未使用時からの累積使用時間と、現在の閾値電圧との関係が得られる。図１６は、例として、線形の関係を示す。例えば、このような関係が、描画装置１の使用の開始の段階で、記憶装置２１３に格納されている。ＢＡＡ診断部２２５は、この関係を使用して、見積故障時間を割り出す。

【０１２０】

例えば、トランジスタＴＮａは、累積使用時間Ｔｃ１に亘って使用され、その時点で閾値電圧Ｖｔｈｄ１（＜標準電圧ＶＩ）を有しているとする。そして、トランジスタＴＮａの閾値電圧が標準電圧ＶＩと等しくなるまでの累積使用時間がＴｃ２であるとする。この場合、トランジスタＴＮａの閾値電圧が標準電圧ＶＩに達するまでに要する時間は、Ｔｃ２－Ｔｃ１である。こうして算出された時間が、トランジスタＴＮａの見積故障時間であり、すなわち、トランジスタＴＮａを含んだレジスタ３５７の見積故障時間である。

【０１２１】

必要電圧印加時間についても同様である。すなわち、劣化に起因する必要電圧印加時間の増大が、累積時間ｔ１の経過後に生じた場合、劣化前の必要電圧印加時間ＴＯと劣化後の必要電圧印加時間ＴＯｄの差は、時間ｔ１に相関する。このような累積時間と閾値電圧の劣化前後の差の関係が、様々なケースについて、実験及び（又は）シミュレーションによって予め取得される。こうして得られた複数の離散的な関係が補間され、又は数式によって近似される。こうして、累積時間と劣化前後の必要電圧印加時間の差の関係が使用されて、必要電圧印加時間ＴＯｄ１（＜ＴＩ）を有すると見積もられたトランジスタＴＮ１

が必要電圧印加時間ＴＩを超えるまでに要する時間が見積もられる。見積もられた時間が、見積故障時間である。

【０１２２】

上記のように、見積故障時間が、閾値電圧Ｖｔｈと必要電圧印加時間ＴＯの両方に基づいてもよい。さらに、トランジスタＴＮ及（又は）ＴＰの劣化の指標として、別の特性の値が使用されてもよい。

【０１２３】

ここまでの記述では、例として、レジスタ３５７（シフトレジスタ３５７１）の故障（正常に動作しているか）の判断が、このレジスタ３５７のための制御データＤＬに従った駆動電圧ＤＶがこのレジスタ３５７と接続された電極３５５に印加されることによって電子ビームＥＢｍがブランキングされた場合のブランキングの状態と、制御データＤＬに従った駆動電圧ＤＶがこのレジスタと接続された電極３５５に印加されることによって形成される電子ビームＥＢｍのブランキングの状態が一致しているか否かの判断に基づく。実施形態はこの例に限られない。故障の判断は、シフトレジスタ３５７１の第１段（初段）のレジスタ３５７に供給された制御データＤＬが、この第１段のレジスタ３５７に供給された制御データＤＬがシフトレジスタ３５７１の中を転送されてレジスタ３５７のいずれか１つから出力された制御データＤＬと一致しているかの判断に基づいてもよい。

【０１２４】

１．３．利点（効果）

第１実施形態によれば、ＢＡＡ診断部２２５は、レジスタ３５７に通常の描画の間に使用される条件よりも悪い条件で電圧及び（又は）低速クロック信号ＳＣＬＫを印加し、正常に動作しないレジスタ３５７が正常に動作するときの条件を割り出し、この割り出された条件に基づいて、レジスタ３５７が故障するまでの時間を見積もる。こうすることにより、ＢＡＡ診断部２２５は、見積故障時間に基づいて、次の描画の間に故障し得るレジスタ３５７を特定することが可能である。このことは、描画前に故障が対処されることを可能にし、描画中に不測にレジスタ３５７が故障することを抑制できる。

【０１２５】

１．４．変形例

見積故障時間を使用する判断が、さらに、ブランキングアパーチャアレイ機構の交換及び生産の計画に使用されてもよい。図１７は、そのような処理のフローを示し、第１実施形態の変形例の描画及び検査方法のフローを示す。図１７については、第１実施形態の基本の形態で説明した、図１３からの変更点についてのみ説明する。

【０１２６】

図１７に示されるように、ステップＳＴ５は、ステップＳＴ１１に継続する。ステップＳＴ１１において、ＢＡＡ診断部２２５は、全ての対象レジスタ３５７ｔのそれぞれについての見積故障時間が第１閾値Ｔｈ１以下であるかを判断する。第１閾値Ｔｈ１は、第１実施形態の基本の形態（図１３）のステップＳＴ６において見積故障時間が比較される対象である閾値より長い。第１閾値Ｔｈ１は、例えば、描画の計画に基づいて定まる、ユーザが少なくともこの間にはブランキングアパーチャアレイ機構３５０が正常であることを望む期間に設定されることが可能である。又は、第１閾値Ｔｈ１は、例えば、現在の時刻から、交換用のブランキングアパーチャアレイ機構３５０の製造が完了し、製造されたブランキングアパーチャアレイ機構３５０が交換されるまでに要する時間より長い期間に設定されることが可能である。第１閾値Ｔｈ１は、例えば、予め、特に図１７のフローの開始前に、ユーザによって入力されることが可能である。

【０１２７】

全ての対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が第１閾値Ｔｈ１以下でない場合（ステップＳＴ１１のＮｏ）、しばらくの間、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０の部品に故障が生じることはないと考えられる。よって、処理はステップＳＴ１０に移行する。

【０１２８】

全ての対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が第１閾値Ｔｈ１以下である場合（ステッ

プＳＴ１１のＹｅｓ）、処理はステップＳＴ１２に移行する。ステップＳＴ１２において、ＢＡＡ診断部２２５は、全ての対象レジスタ３５７ｔのそれぞれについての見積故障時間が、第２閾値Ｔｈ２以下であるかを判断する。第２閾値Ｔｈ２は、第１閾値Ｔｈ１より短く、例えば、第１実施形態の基本の形態のステップＳＴ６において見積故障時間が比較される対象である閾値と同じである。

【０１２９】

いずれか１つの対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が第２閾値Ｔｈ２以下でない（第２閾値Ｔｈ２を超える）場合（ステップＳＴ１２のＮｏ）、これは、今後、第２閾値Ｔｈ２に基づく回数に亘ってこれから行われる描画の間にブランキングアパーチャアレイ機構３５０の部品の故障は起こらないが、近い将来に故障が起こり得ることを意味する。このことに基づいて、ステップＳＴ１５において、ＢＡＡ診断部２２５は、ユーザに、故障が近い将来に起こり得ることを、例えば、出力装置２１５を使用してユーザに通知する。

【０１３０】

全ての対象レジスタ３５７ｔの見積故障時間が第２閾値Ｔｈ２以下である場合（ステップＳＴ１２のＹｅｓ）、処理はステップＳＴ８に移行する。ステップＳＴ８は、ステップＳＴ９に継続し、ステップＳＴ９は、ステップＳＴ１０に継続する。

【０１３１】

ステップＳＴ１６において、ＢＡＡ診断部２２５は、近い将来に故障が起こり得るとの判断に基づいて、ブランキングアパーチャアレイ機構３５０の交換時期（日時）を計画する。交換時期は、見積故障時間に基づく。例えば、交換時期は、ユーザがこれから描画を行うと想定される（例えば、平均的な）回数に基づいて、描画が行われる予定の総時間が見積故障時間を超える前の時期に設定される。交換時期は、描画装置１のメーカーに通知される。例えば、交換時期を示すデータが、描画装置１のメーカーに通信装置２１７を介して送信され、描画装置１のメーカーによって受け取られる。

【０１３２】

ステップＳＴ１７において、描画装置１のメーカーは、受け取った交換時期を示すデータから交換時期を知り、交換時期に基づいて、新たなブランキングアパーチャアレイ機構３５０の生産のスケジュールを立てる。ステップＳＴ１７は、ステップＳＴ１０に継続する。

【０１３３】

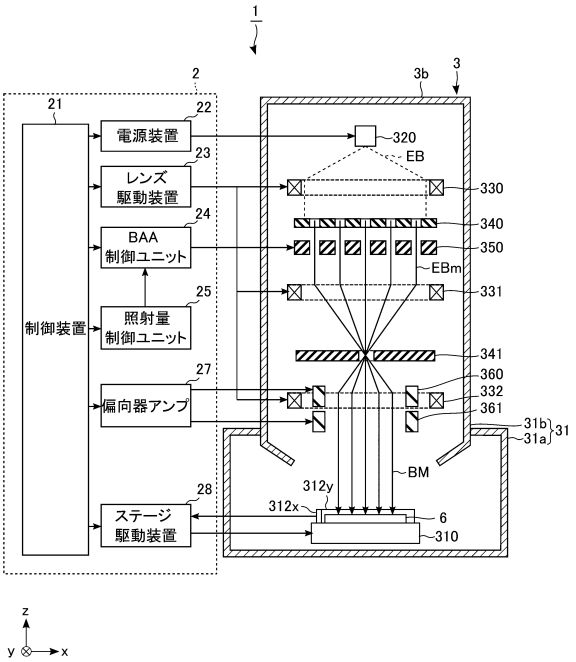
ステップＳＴ１５、ＳＴ１６、及びＳＴ１７は、図１７に示される順序と異なる順序で行われてもよいし、並行して行われてもよい。

【０１３４】

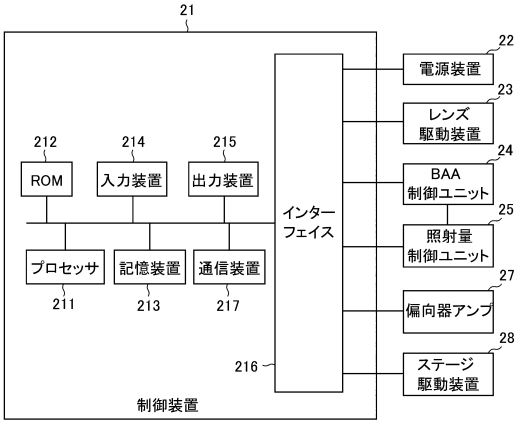
本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。また、各実施形態は適宜組み合わせて実施してもよく、その場合組み合わせた効果が得られる。更に、上記実施形態には種々の発明が含まれており、開示される複数の構成要件から選択された組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば、実施形態に示される全構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、課題が解決でき、効果が得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として抽出され得る。

【図面】

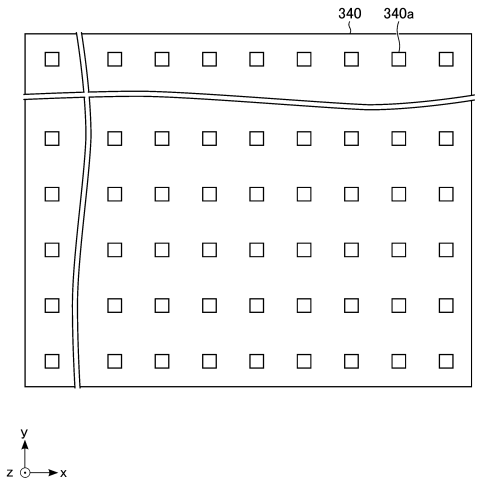
【図１】


1
2
3
3b
21
22
電源装置
23
レンズ
駆動装置
24
BAA
制御ユニット
25
照射量
制御ユニット
制御装置
27
偏向器アンプ
28
ステージ
駆動装置
320
EB
330
340
350
EBm
331
341
360
332
361
31b
31a
31
BM
312y
312x
6
310
z
y
x

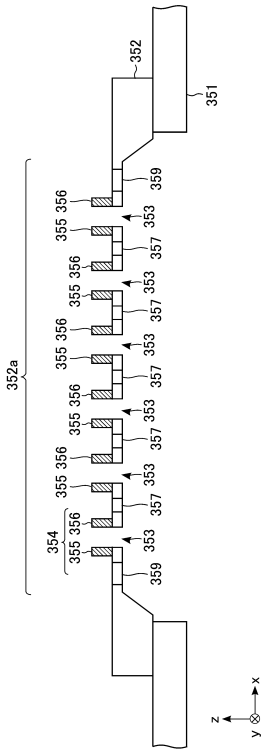
【図２】


21
212
ROM
214
入力装置
215
出力装置
インター
フェイス
プロセッサ
211
記憶装置
213
通信装置
217
216
制御装置
22
電源装置
23
レンズ
駆動装置
24
BAA
制御ユニット
25
照射量
制御ユニット
27
偏向器アンプ
28
ステージ
駆動装置

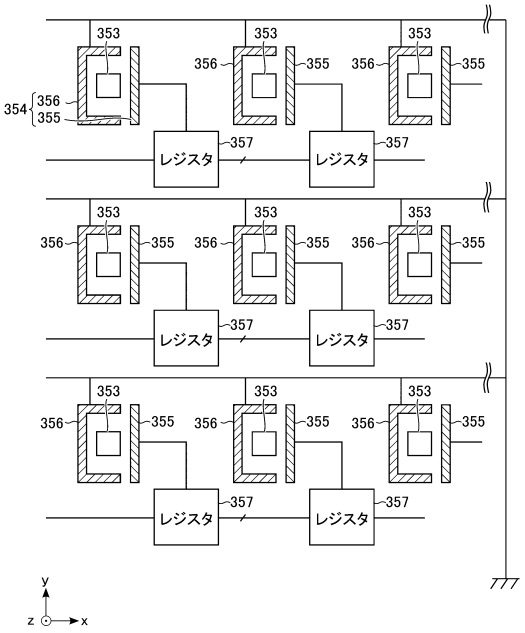
【図３】


340
340a
y
z
x

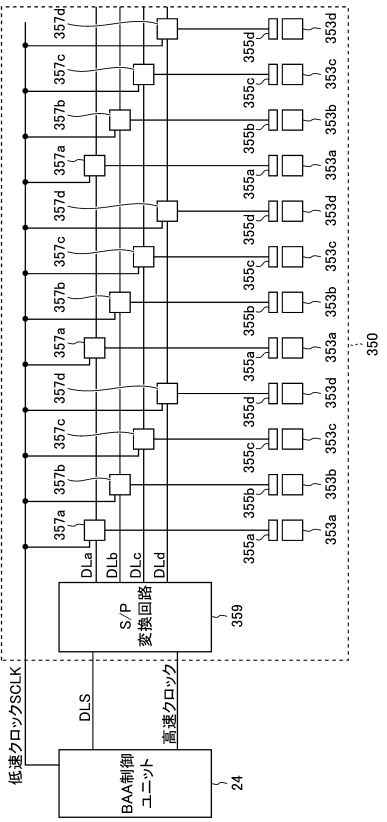
【図４】


352
351
352a
354
355
356
353
357
359
x
z
y

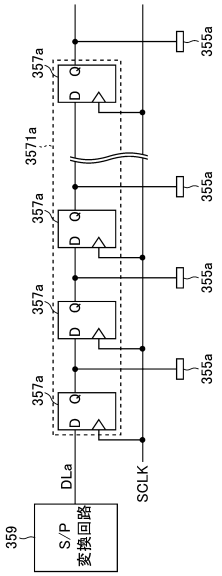
【図５】


353
356
355
354
357
レジスタ
y
z
x

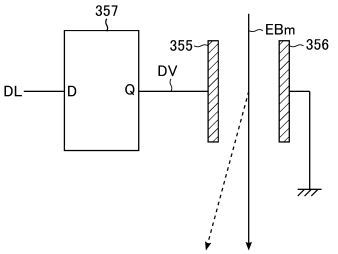
【図６】


357a
357b
357c
357d
353a
353b
353c
353d
355a
355b
355c
355d
DLa
DLb
DLc
DLd
S/P
変換回路
359
350
低速クロックSCLK
DLS
高速クロック
BAA制御
ユニット
24

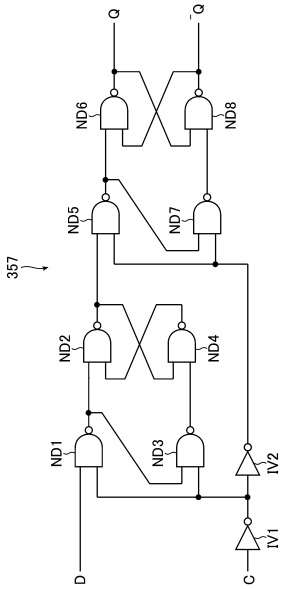
【図７】


357a
355a
3571a
D
Q
DLa
SCLK
S/P
変換回路
359

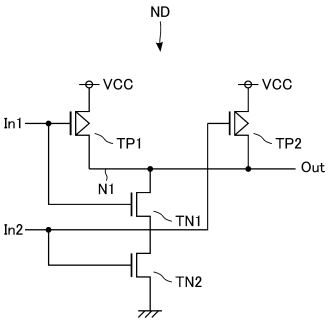
【図８】


357
DL
D
Q
355
DV
EBm
356

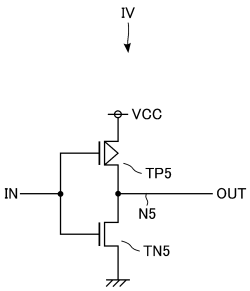
【図９】



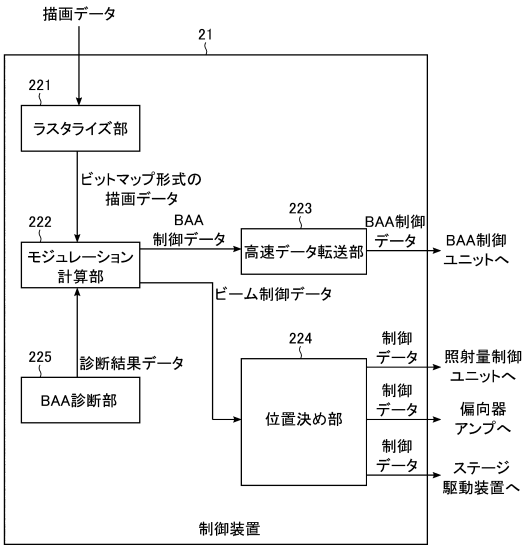
【図１０】



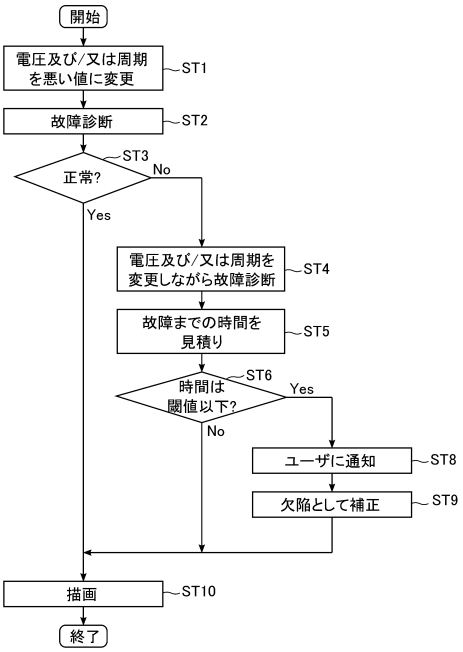
【図１１】



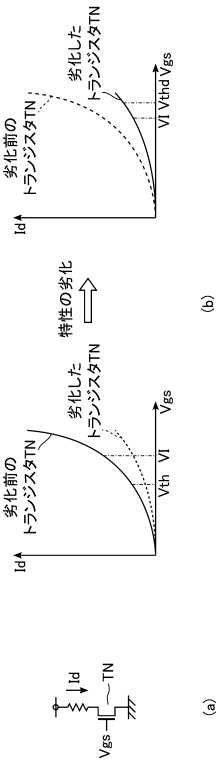
【図１２】



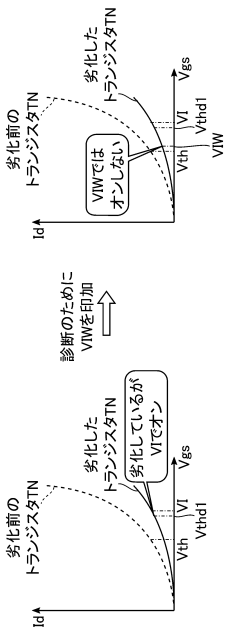
【図１３】



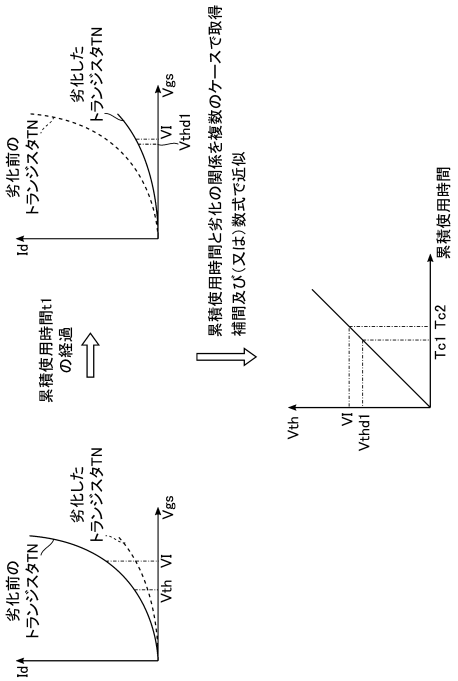
【図１４】



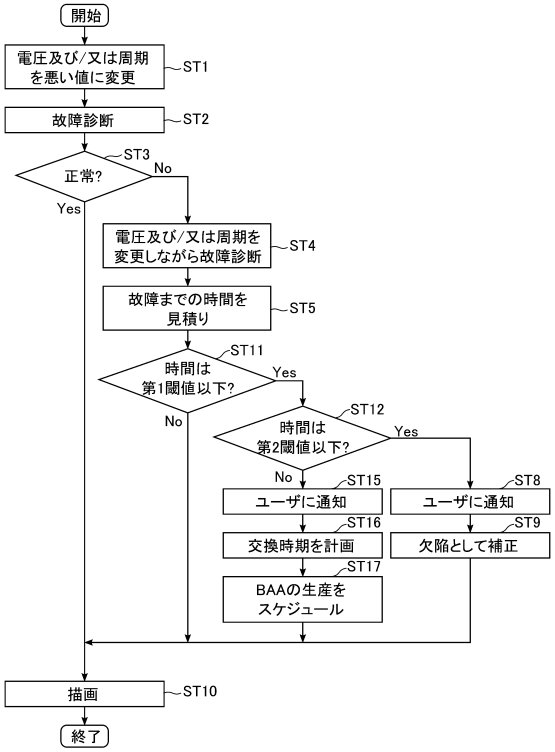
【図１５】



【図１６】



【図１７】


開始
電圧及び/又は周期を悪い値に変更
ST1
故障診断
ST2
ST3
正常?
No
Yes
電圧及び/又は周期を変更しながら故障診断
ST4
故障までの時間を見積り
ST5
ST11
時間は第1閾値以下?
Yes
No
ST12
時間は第2閾値以下?
Yes
No
ST15
ユーザに通知
ST16
交換時期を計画
ST17
BAAの生産をスケジュール
ST8
ユーザに通知
ST9
欠陥として補正
描画
ST10
終了

フロントページの続き

(56)参考文献　特開２０１５－５６６６８（ＪＰ，Ａ）
特開平１１－２１９６７９（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１３／０１９３３４１（ＵＳ，Ａ１）
特開２０１８－７８２５０（ＪＰ，Ａ）
特開２０１８－４１９２０（ＪＰ，Ａ）
特開平９－１１５７９６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／０２７
Ｈ０１Ｊ　３７／１４７
Ｈ０１Ｊ　３７／３０５
Ｇ０３Ｆ　７／２０