

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5645449号
(P5645449)

(45) 発行日 平成26年12月24日 (2014. 12. 24)

(24) 登録日 平成26年11月14日 (2014. 11. 14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 J 35/08 (2006. 01)

H O 1 J 35/08 F

H O 1 J 35/12 (2006. 01)

H O 1 J 35/08 C

G 2 1 K 5/08 (2006. 01)

H O 1 J 35/08 D

G 2 1 K 5/02 (2006. 01)

H O 1 J 35/12

G 2 1 K 5/08 C

請求項の数 10 (全 10 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2010-93429 (P2010-93429)
 (22) 出願日 平成22年4月14日 (2010. 4. 14)
 (65) 公開番号 特開2011-222456 (P2011-222456A)
 (43) 公開日 平成23年11月4日 (2011. 11. 4)
 審査請求日 平成25年4月3日 (2013. 4. 3)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100090273
 弁理士 國分 孝悦
 (72) 発明者 上田 和幸
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 辻井 修
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 (72) 発明者 小倉 孝夫
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線源及びX線撮影装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子線を放出する電子放出源と、
 前記電子線の照射によりX線を発生するX線発生層と、前記X線発生層を支持する透過
 基材とを備えた透過型ターゲットと、
 を有し、
 前記透過型ターゲットは、前記電子線の照射を受ける側の面において、前記電子線の入
 射方向に対して傾斜した傾斜面を備えた複数の凸部を備え、前記凸部は、複数の方向に配
 列されていることを特徴とするX線源。

【請求項 2】

前記透過基材は、前記X線発生層を支持する側において複数の傾斜部によって構成され
 る凹凸面を有し、前記複数の凸部のそれぞれは、前記凹凸面が有する凸領域と、前記凸領
 域に倣って支持される前記X線発生層とによって構成されていることを特徴とする請求項
 1に記載のX線源。

【請求項 3】

前記凸部の形状は、錐であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のX線源。

【請求項 4】

前記傾斜面の前記入射方向に対する角度は、一定であることを特徴とする請求項 1 乃至
 3 のいずれか 1 項に記載のX線源。

【請求項 5】

10

20

前記凸部の高さは、透過型ターゲットの厚さの10%以下であることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載のX線源。

【請求項6】

前記傾斜面の前記入射方向に対する角度は、45度以上であることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項に記載のX線源。

【請求項7】

前記凸部の高さは、10 μ m以上であり、

前記複数の凸部同士が、曲率半径が2 μ m以上の凹状の曲面を介して繋がっていることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1項に記載のX線源。

【請求項8】

前記透過型ターゲットに生じた熱を放出する放熱部材を有することを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載のX線源。

【請求項9】

電子線を放出する電子放出源と、

前記電子線の照射によりX線を発生するターゲット層と、前記ターゲット層を支持する透過基材とを備えた透過型ターゲットと、

を有し、

前記透過型ターゲットは、前記電子線の照射を受ける側の面において、前記電子線の入射方向に対して傾斜した傾斜面を備えた複数の凸部を備え、前記凸部は、複数の方向に配列されていることを特徴とするX線源。

【請求項10】

請求項1乃至9のいずれか1項に記載のX線源と、

前記X線源が発生し、被検体を透過したX線を検出するX線検出手段と、

前記X線検出手段による検出結果からX線透過画像を作成する信号処理手段と、

を有することを特徴とするX線撮影装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、透過型ターゲット電極を備えたX線源及びX線撮影装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、X線発生装置の電子源には、熱電子源が用いられている。このようなX線発生装置では、高温度に加熱されたフィラメントから放出される熱電子の一部が、ウエネルト電極、引出し電極、加速電極、及びレンズ電極を通して、所定の形状の電子束に成形され、高エネルギーに加速される。そして、タングステン等の金属から構成されたターゲット電極に電子束が照射され、X線が発生する。なお、熱電子源として、ブラウン管用の電子源でもある含浸型熱陰極電子放出素子等の小型のものもある。

但し、電子束が有するエネルギーのうちX線に変換されるものは1%以下であり、残りのエネルギーは熱となる。ターゲット電極の周囲は真空にされているため、熱の大部分は放射熱として放熱されるが、放熱が間に合わない場合、ターゲット電極の温度が上昇し、ターゲット電極が溶融することもあり得る。このため、従来のX線発生装置では、ターゲット電極に衝突する電子の単位面積当たりの量を低くして、ターゲット電極の単位面積当たりに与えられるエネルギーが調整されている。電子の単位面積当たりの量を低くするには、電子の照射面積を大きくすることが有効である。

その一方で、ターゲット電極の電子が衝突する部分はX線発生部となる。X線発生部のサイズはX線検出器での分解能に影響を与えるため、X線発生部を必要以上に拡大することは好ましくない。

そこで、これらを両立させるために、電子照射方向に対して、ターゲット電極の表面を傾斜させる技術、及びターゲット電極の表面に微小な凹凸を設ける技術が提案されている。

。

10

20

30

40

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第6975703号明細書

【特許文献2】特開2005-158474号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上述のようなターゲット電極の表面を傾斜させる技術、及びターゲット電極の表面に微小な凹凸を設ける技術では、X線取り出し方向により焦点サイズが異なり、分解能が低下する虞がある。これは、電子ビームの照射領域の面積はX線取り出し方向により幾何学的に変化するためである。そして、分解能が低下する虞があるために、詳細な分解能が必要なX線撮影の際には、撮影者等がX線ターゲットの傾斜方向を確認し、焦点サイズの見かけ上小さくなる領域を考慮した配置にするように設定する必要がある。つまり、従来のX線発生装置を用いて詳細な分解能が必要なX線撮影を行うためには、煩雑な準備が必要とされる。

10

【0005】

本発明は、照射方向による焦点サイズの変化を抑制することができるX線源及びX線撮影装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0006】

本発明に係るX線源は、電子線を放出する電子放出源と、前記電子線の照射によりX線を発生するX線発生層と、前記X線発生層を支持する透過基材とを備えた透過型ターゲットと、を有し、前記透過型ターゲットは、前記電子線の照射を受ける側の面において、前記電子線の入射方向に対して傾斜した傾斜面を備えた複数の凸部を備え、前記凸部は、複数の方向に配列されていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、透過ターゲット電極の放熱を高効率で行いながら、照射方向によるX線の焦点サイズの変化を抑制することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1の実施形態に係るX線源の内部の構成を示す図である。

【図2】第1の実施形態に係るX線源の外観を示す図である。

【図3】X線源の各部の電圧を示す図である。

【図4】第1の実施形態における透過型ターゲット電極の構造を示す図である。

【図5】ターゲット電極と焦点サイズとの関係を示す図である。

【図6】第2の実施形態における透過型ターゲット電極の構造を示す図である。

【図7】第3の実施形態に係るX線撮影装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

40

【0009】

以下、本発明の実施形態について添付の図面を参照して具体的に説明する。

【0010】

(第1の実施形態)

先ず、第1の実施形態について説明する。図1は、本発明の第1の実施形態に係るX線源の内部の構成を示す図であり、図2は、第1の実施形態に係るX線源の外観を示す図である。

第1の実施形態に係るX線源10では、筐体30の内部が真空室11となっており、真空室11に電子線発生部12及び透過型ターゲット電極13が配置されている。電子線発生部12には、素子基板14及び素子アレイ16が設けられている。素子アレイ16はモ

50

リブデン等の高融点金属材料からなり、例えば、その直径は5 mmである。素子アレイ 16 の頭頂部に電子放出素子 15 が搭載されている。また、電子放出素子 15 としては、例えば含浸型熱陰極電子放出素子が用いられる。電子放出素子 15 として、数 10 nm の微細な構造体からなるカーボンナノチューブを用いた冷陰極電子放出素子が用いられてもよい。素子アレイ 16 の底部は素子基板 14 の駆動配線に接続されている。素子基板 14 の駆動配線は駆動信号端子 17 に接続されている。駆動信号端子 17 は筐体 30 を貫通しており、駆動信号端子 17 には、電子放出素子 15 からの電子の放出量を制御する信号が入力される。従って、駆動信号端子 17 への入力信号により、X 線のオン / オフが制御される。図 3 に示すように、駆動信号端子 17 から、例えば - 0 . 0 1 k V ~ - 0 . 2 k V 程度の電圧 V_c が素子アレイ 16 に供給される。

10

なお、真空室 11 の真空度は電子放出のため、例えば 10^{-4} Pa ~ 10^{-8} Pa 以下とされる。真空度が高いほど電子放出素子 15 の寿命が長くなり、放電減少等の問題が発生しにくくなる。

【0011】

素子基板 14 上には、素子アレイ 16 及び電子放出素子 15 の総厚よりも厚いスペーサ（間隔規定部材）18 が配置されている。スペーサ 18 には、素子アレイ 16 及び電子放出素子 15 と整合する開口部が形成されている。そして、スペーサ 18 上に引出し電極 19 が配置されている。引出し電極 19 の電子放出素子 15 側の面と電子放出素子 15 の引出し電極 19 側の面とは、数百 μ m 程度、互いから離間している。従って、引出し電極 19 と電子放出素子 15 及び素子アレイ 16 とは互いから電氣的に絶縁されている。また、引出し電極 19 の電子放出素子 15 と対向する部分には、複数の貫通孔が格子状に形成されている。例えば、貫通孔の平面形状は一辺の長さが約 0 . 40 mm の正方形であり、貫通孔同士の間隔は約 0 . 1 mm である。引出し電極 19 は、例えば厚さが約 0 . 2 mm のタングステンシートに貫通孔を形成したものである。引出し電極 19 は引出し電極端子 20 に接続されている。引出し電極端子 20 は筐体 30 を貫通しており、引出し電極端子 20 には、電子放出素子 15 に加わる電界を制御する電圧が供給される。図 3 に示すように、引出し電極端子 20 から、例えば 0 k V の電圧 V_g が引出し電極 19 に供給される。引出し電極 19 と素子アレイ 16 との間に電位差が生じると、電子放出素子 15 が電子を放出し、引出し電極 19 を電子ビームが通過する。

20

なお、引出し電極 19 の貫通孔の形状、大きさ及び配置等は、電子放出素子 15 に均一な電界を印加することができれば特に限定されない。また、引出し電極 19 の面上に、ゲッタ 26 用に絶縁層又は配線等が設けられていてもよい。

30

【0012】

引出し電極 19 と透過型ターゲット電極 13 との間に、レンズ電極（中間電極）21 が配置されている。レンズ電極 21 は、例えば厚さが 2 mm のステンレス板である。レンズ電極 21 の材料として、他の導電性の金属を用いてもよく、モリブデン、タングステン、及びタンタル等の原子番号の高い金属であることが望ましい。レンズ電極 21 はレンズ電極端子 22 に接続されている。レンズ電極端子 22 は筐体 30 を貫通しており、レンズ電極端子 22 には、引出し電極 19 を通過した電子線 42 を収束させ、電子ビーム束 43 を成形する電圧が供給される。図 3 に示すように、レンズ電極端子 22 から、例えば 0 k V ~ 10 k V 程度の電圧 V_m がレンズ電極 21 に供給される。この結果、直径が 0 . 3 mm ~ 2 mm 程度に収束した電子ビーム束 43 が得られる。

40

【0013】

透過型ターゲット電極 13 の周囲には、透過型ターゲット電極 13 と機械的かつ熱的に接触する真空内 X 線遮蔽板 24 が設けられている。真空内 X 線遮蔽板 24 には、電子ビーム束 43 が通過する開口部、及び透過型ターゲット電極 13 から発せられた X 線が通過する開口部が形成されている。透過型ターゲット電極 13 に発生した熱は、真空内 X 線遮蔽板 24 を介して放出される。透過型ターゲット電極 13 はターゲット電極端子 23 に接続されている。ターゲット電極端子 23 は筐体 30 を貫通しており、ターゲット電極端子 23 には、電子ビーム束 43 を加速させる電圧が供給される。図 3 に示すように、ターゲッ

50

ト電極端子23から、例えば約40kV～120kV程度の高電圧Vaがターゲット電極13に供給される。この結果、電子ビーム束43が高速で透過型ターゲット電極13に衝突し、X線41が発生する。X線41は透過型ターゲット電極13を透過するが、X線41の一部は真空内X線遮蔽板24により遮蔽され、所定のX線放射角で放出される。

筐体30のX線41が照射する位置にはX線透過窓25が設けられており、X線41はX線透過窓25を透過してX線源10の外部へと放射される。X線透過窓25の材料は、例えば、アルミニウム、ベリリウム銅合金、又はガラス等である。

【0014】

ここで、透過型ターゲット電極13について詳細に説明する。図4は、第1の実施形態における透過型ターゲット電極13の構造を示す図である。図4(a)は断面図であり、図4(b)は斜視図である。

図4に示すように、透過型ターゲット電極13では、X線発生支持層13a上にX線発生層13bが形成されている。X線発生支持層13aとしては、例えば軽元素からなる基板(基体)が用いられる。また、X線発生支持層13aの材料としては、ダイヤモンド、カーボン、ベリリウム、Al、AlN、及びSiC等のX線吸収能が低いものが挙げられる。これらの材料の2種類以上が組み合わせられていてもよい。X線発生支持層13aの厚さは、例えば0.1mm～数mm程度である。また、X線発生層13bの材料としては、タングステン、モリブデン等の重金属が挙げられる。X線発生層13bの厚さは、例えば数10nm～数μm程度である。透過型ターゲット電極13の厚さtは、例えば0.5mm程度である。

更に、本実施形態では、X線発生支持層13aの表面に凹凸部38が形成され、この凹凸部38に倣うようにX線発生層13bが形成されている。このため、透過型ターゲット電極13の表面に凹凸部38が存在する。凹凸部38の凸部の形状は、例えば四角錐であり、その高さdは約0.05mmである。そして、凹凸部38の凸部の傾斜面とX線41の入射方向とがなす角度θは例えば45度に設定されている。

【0015】

このように構成された透過型ターゲット電極13では、X線発生層13bの材料及び厚さが適切であるため、X線41が透過型ターゲット電極13に吸収されにくく、強度が減衰しにくい。また、X線発生支持層13aの材料及び厚さが適切であるため、電子ビーム束43の照射により昇温したX線発生層13bを高効率で冷却することが可能であり、また、X線41が透過型ターゲット電極13に吸収されにくく、強度が減衰しにくい。つまり、X線発生支持層13aの熱伝導性が高く、また、X線発生支持層13aにおけるX線41の透過性が優れている。更に、X線発生支持層13aは、X線41の低エネルギー領域でX線透過像の像質への寄与が少ないエネルギーの低いX線41を有効に吸収し、X線の線質を変えるフィルタとしても機能する。従って、透過型ターゲット電極13でのX線41の発生効率が高く、機能性に優れている。

また、透過型ターゲット電極13の表面に、適切な形状及び大きさの凹凸部38が形成されているため、透過型ターゲット電極13の表面積が、平面となっている場合と比較して約2倍程度になっている。このため、透過型ターゲット電極13の受ける単位表面積当たりの電子エネルギーは約1/2となる。よって、透過型ターゲット電極13の表面温度の上昇を抑制することができる。

更に、凹凸部38の凸部の傾斜面のX線41の入射方向に対する角度θが45度なので、ある斜面からの熱放射が、これに隣接する斜面に照射されることがなく、効率よく熱放射が行われる。また、上述のように、真空内X線遮蔽板24(放熱部材)を介した放熱も行われる。従って、本実施形態によれば、被検体の透過に十分な量のX線が放射される程度の電力投入が可能である。

【0016】

更にまた、上述のように、凹凸部38に電子線42の電子ビーム束43が衝突すると、凹凸部38の表面からX線41が発生するが、X線41の放射方向は、微小な凹凸部38の各部から発生したX線の照射方向の集合となる。従って、X線41のどのような照射方

10

20

30

40

50

向においても、X線41が発生している部分はほとんど同一である。そして、X線41が複数の凹凸部38の斜面から照射されたものであるため、その焦点サイズがほぼ一定となる。このため、X線41の照射方向による分解能の変化を抑制することができる。

例えば、図5(a)に示すように、透過型ターゲット電極13の表面から電子ビーム束43の入射方向に放射されたX線41aの焦点サイズ53と、電子ビーム束43の入射方向から傾斜した方向に放射されたX線41bの焦点サイズ54とが互いに同等となる。このようにして、分解能の変化を抑制することができる。

【0017】

このような第1の実施形態によれば、十分なエネルギーでX線41を発生させることができ、また、照射方向に拘わらず、X線41の焦点サイズ、つまり電子照射面積を安定させることができる。このため、このようなX線源10を用いれば、X線センサの全面でほぼ同一の分解能でのX線撮影が可能になる。

【0018】

なお、図5(b)に示すような斜面を備えた透過型ターゲット電極102を用いた場合には、透過型ターゲット電極102の表面から電子ビーム束101の入射方向に放射されたX線の焦点サイズ103が、電子ビーム束101の入射方向から傾斜した方向に放射されたX線の焦点サイズ104よりも著しく小さくなり得る。この場合、X線の照射方向により分解能が著しく相違してしまう。このような問題点は、特許文献1に記載の技術に生じる。

また、図5(c)に示すようなターゲット電極112に電子ビーム束111を照射した場合には、ターゲット電極112の表面から浅い角度で放射されたX線の焦点サイズ113が、ターゲット電極112の表面から大きな角度で放射された焦点サイズ114よりも著しく小さくなり得る。この場合、X線の照射方向により分解能が著しく相違してしまう。このような問題点は、特許文献2に記載の技術に生じる。

【0019】

(第2の実施形態)

次に、第2の実施形態について説明する。図6は、本発明の第2の実施形態における透過型ターゲット電極13の構造を示す図である。

第1の実施形態では、凹凸部38の凸部同士が四角錐の底辺を介して繋がっているのに対し、第2の実施形態では、凸部同士が凹球面82を介して繋がった凹凸部81が透過型ターゲット電極13の表面に形成されている。凹球面82の曲率半径は半径約0.01mmである。

【0020】

このような第2の実施形態によっても第1の実施形態と同様の効果を得ることができる。また、電子ビーム束43の照射に伴って透過型ターゲット電極13の温度が上昇し、熱応力が発生しても、凹球面82があるため、応力集中が緩和される。このため、第1のじつ形態よりも亀裂等が生じにくく、駆動時の信頼性が向上する。

【0021】

(第3の実施形態)

次に、第3の実施形態について説明する。第3の実施形態は、第1又は第2の実施形態に係るX線源10を備えたX線撮影装置である。図7は、本発明の第3の実施形態に係るX線撮影装置の構成を示す図である。

第3の実施形態に係るX線撮影装置には、X線源10からのX線の放射方向に、X線検出器31が配置されている。撮影時には、X線検出器31のX線源10側に被検体が位置する。

X線検出器31は、信号処理部32を介して中央制御部33に接続されている。また、中央制御部33には、高電圧制御部34、電圧制御部35、電圧制御部36、及び電子放出素子駆動回路37が接続されている。高電圧制御部34にターゲット電極端子23が接続され、電圧制御部35にレンズ電極端子22が接続され、電圧制御部36に引出し電極端子20が接続され、電子放出素子駆動回路37に駆動信号端子17が接続される。

【 0 0 2 2 】

このように構成されたX線撮影装置では、中央制御部33の制御により高電圧制御部34、電圧制御部35、電圧制御部36、及び電子放出素子駆動回路37が動作して、X線41が発生する。即ち、X線源10の電子線発生部12により発せられた電子の電子線42が収束して電子ビーム束43が得られ、電子ビーム束43が透過型ターゲット電極13に照射されてX線41が発生する。X線41はX線透過窓25を通して大気中に放射され、被検体を介してX線検出器31に検出される。そして、中央制御部33の制御により信号処理部32が動作して、X線検出器31の検出結果から被検体のX線透過画像を作成する。

そして、第3の実施形態では、第1又は第2の実施形態に係るX線源10が用いられているため、十分なエネルギーでX線41が発生させることができ、また、照射方向に拘わらず、X線41の焦点サイズ、つまり電子照射面積を安定させることができる。

10

【 0 0 2 3 】

なお、凹凸部の凸部の形状は特に限定されないが、四角錐、三角錐、円錐等の錐型であることが好ましい。また、凸部の傾斜面の電子ビーム束の入射方向に対する角度が一定であることが好ましい。また、この角度は45度以上であることが好ましい。45度未満であると、放熱しにくくなることがあるからである。また、凸部の高さが透過型ターゲット電極の厚さの10%以下であることが好ましい。凸部の高さが透過型ターゲット電極の厚さの10%を超えると、凸部が大きくなり、焦点サイズのばらつきが生じることあるからである。

20

更に、第2の実施形態においては、凸部の高さが10 μm 以上であり、かつ凹球面の曲率半径が2 μm 以上であることが好ましい。曲率半径が2 μm 未満であると、応力緩和の効果が小さくなり、曲率半径が2 μm 以上の場合に凸部の高さが10 μm 未満であると、透過型ターゲット電極の表面積が十分に大きなものとならないことがあるからである。なお、凹球面は真球面の一部である必要はなく、凹状の曲面となっていればよい。

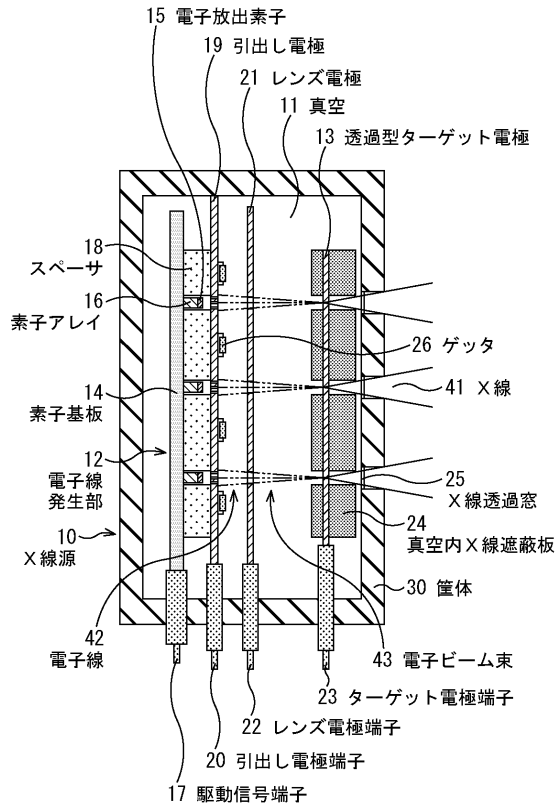
【 符号の説明 】

【 0 0 2 4 】

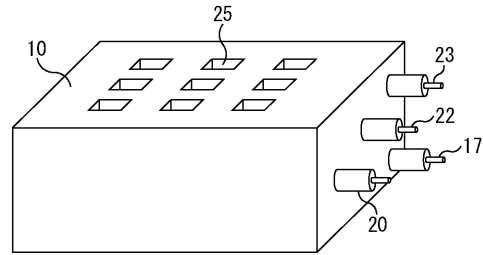
10 : X線源 12 : 電子線発生部 13 : 透過型ターゲット電極 13 a : X線発生支持層 13 b : X線発生層 15 : 電子放出素子 16 : 素子アレイ 19 : 引出し電極 21 : レンズ電極 41 : X線

30

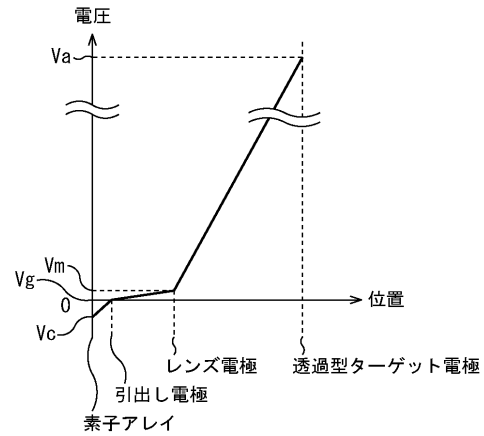
【図 1】



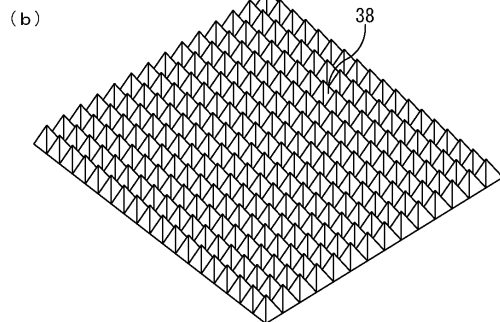
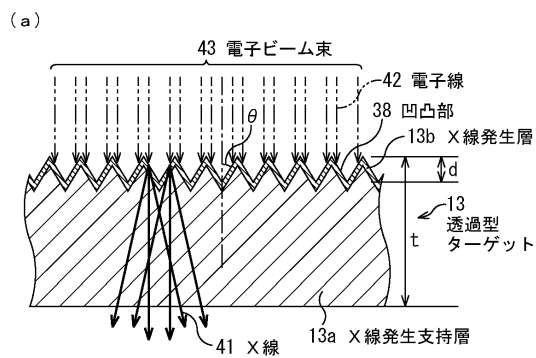
【図 2】



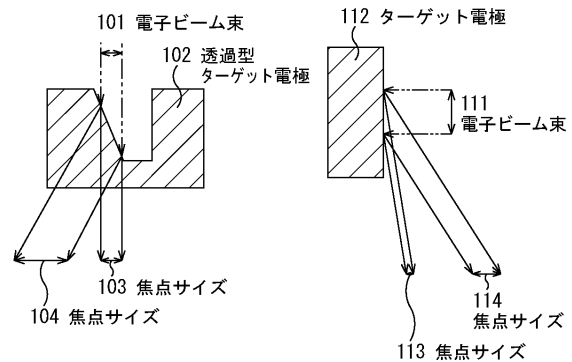
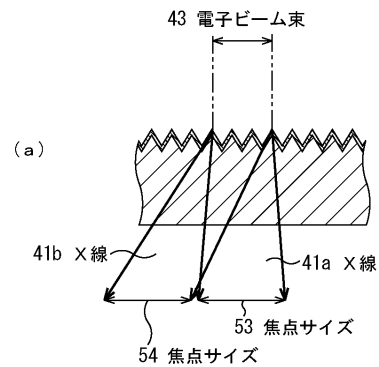
【図 3】



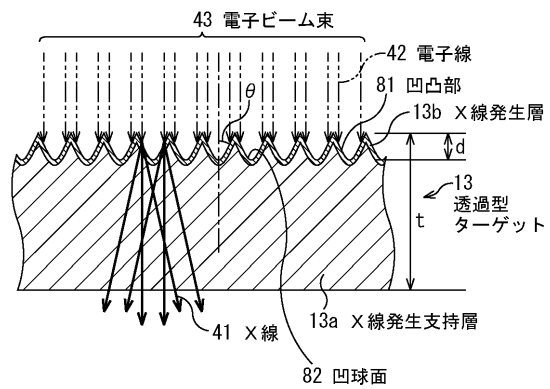
【図 4】



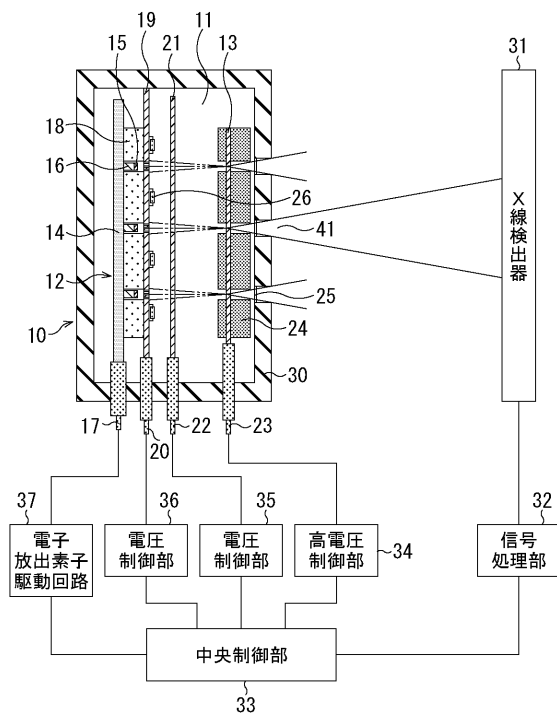
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
G 2 1 K 5/02 X

(72)発明者 野村 一郎
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 佐藤 仁美

(56)参考文献 特開平07-260713(JP,A)
特開2005-158474(JP,A)
特開2009-109207(JP,A)
実開昭49-138763(JP,U)
特開平08-264140(JP,A)
特開2009-205992(JP,A)
特表2006-518921(JP,A)
特表2001-508593(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 2 1 K 1/00 - 3/00、 5/00 - 7/00、
H 0 1 J 35/00 - 35/32、
H 0 5 G 1/00 - 2/00