

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5500500号
(P5500500)

(45) 発行日 平成26年5月21日 (2014. 5. 21)

(24) 登録日 平成26年3月20日 (2014. 3. 20)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 J 37/317 (2006.01)	HO 1 J 37/317 A
HO 1 J 37/12 (2006.01)	HO 1 J 37/12
HO 1 J 37/147 (2006.01)	HO 1 J 37/147 D

請求項の数 13 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2010-54245 (P2010-54245)	(73) 特許権者	302054866
(22) 出願日	平成22年3月11日 (2010. 3. 11)		日新イオン機器株式会社
(65) 公開番号	特開2011-187403 (P2011-187403A)		京都府京都市南区久世殿城町 5 7 5 番地
(43) 公開日	平成23年9月22日 (2011. 9. 22)	(72) 発明者	ダン ニコラエスク
審査請求日	平成24年9月18日 (2012. 9. 18)		京都府京都市南区久世殿城町 5 7 5 番地
			日新イオン機器株式会社内
		審査官	佐々木 祐

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 非対称なアインツェルレンズを有するビーム偏向器を備えたイオン注入装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

イオンビームの中心軌道の進行方向を X 方向とし、X 方向と互いに直交する 2 方向を Y 方向および Z 方向とした時、Y 方向の寸法が Z 方向の寸法よりも大きいリボン状のイオンビームをターゲットに照射するイオン注入装置であって、

X Y 平面で広がりを持つ前記イオンビームの全体形状を X 方向と略平行となるように磁界によって偏向させるビーム偏向器と、

前記ビーム偏向器を構成し、Z 方向において相対向している一対の磁極と、

前記磁極上に設けられた絶縁部材と、

Z 方向において前記イオンビームが通過する空間を挟んで相対向するように前記絶縁部材上に設けられ、Y 方向において前記イオンビームの寸法よりも長い寸法を有し、かつ、前記イオンビームの進行方向に沿って非対称なアインツェルレンズを構成する少なくとも 1 つの電極組と、

前記電極組に電圧を印加するための少なくとも 1 つの電源とを備えていることを特徴とするイオン注入装置。

【請求項 2】

Z 方向に相対向して配置された前記電極組において、前記イオンビームが各電極組の間を通過するにあたり、前記イオンビームが入射する側に配置された側面を入口側側面とし、前記イオンビームが出射する側に配置された側面を出口側側面とした場合に、Z 方向から

10

20

みて、前記入口側および前記出口側側面とX Y平面上での前記イオンビームの進行方向とが垂直に交わるように前記入口側および前記出口側側面が形成されていることを特徴とする請求項1に記載のイオン注入装置。

【請求項3】

前記電極組の数は $2n - 1$ (n は2以上の整数)であり、X方向に沿って、前記ビーム偏向器の入口側から順に数えて奇数番目に配置される電極組の電位は同じ電位となるように設定されているとともに、偶数番目に配置される電極組の電位と異なるように設定されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のイオン注入装置。

【請求項4】

前記ビーム偏向器を構成する前記磁極が電氣的に接地されていることを特徴とする請求項1又は2に記載のイオン注入装置。

【請求項5】

前記電極組には、負電圧が印加されていることを特徴とする請求項1、2又は4に記載のイオン注入装置。

【請求項6】

前記電極組の少なくとも1つは、Z方向からみて、X Y平面上での前記イオンビームの進行方向に対して垂直な方向に沿って複数に分割されているとともに、前記電源は、少なくとも複数に分割された電極組の数と同数設けられており、各電極組に対して異なる電位が設定されていることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載のイオン注入装置。

【請求項7】

前記イオンビームをY方向に走査する走査器を備えたイオン注入装置であって、前記走査器によって走査され、時間的に変化する前記イオンビームの前記電極組への入射位置に応じて、前記電極組に設定される電位を変化させることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載のイオン注入装置。

【請求項8】

前記ビーム偏向器を構成する前記磁極上には、前記電極組へのイオンビームの衝突を防止する為の保護部材が設けられていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載のイオン注入装置。

【請求項9】

前記保護部材は、前記磁極と前記電極組との間に設けられた前記絶縁部材と一体に構成されていることを特徴とする請求項8に記載のイオン注入装置。

【請求項10】

前記ビーム偏向器を構成する前記磁極に、前記電極組を収納する為の凹部が、Z方向において相対向するように設けられているとともに、前記イオンビームが各凹部間を通過するにあたり、Z方向からみて、前記イオンビームが入射する側の領域に形成された前記凹部の周縁形状と、前記イオンビームが出射する側の領域に形成された前記凹部の周縁形状とが、X Y平面上での前記イオンビームの進行方向と垂直に交わらないように形成されていることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6、7、8又は9に記載のイオン注入装置。

【請求項11】

前記凹部は、Y方向において前記磁極を貫くように形成されていることを特徴とする請求項10に記載のイオン注入装置。

【請求項12】

前記電極組は、Y方向において前記磁極に形成された前記凹部よりも長い寸法を有し、前記凹部から突出した部分が、Z方向に折り曲げられていることを特徴とする請求項11に記載のイオン注入装置。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記磁極の前記電極組が配置されている面に、貫通孔が設けられていることを特徴とする請求項 1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11 又は 12 に記載のイオン注入装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、イオンビームの外形を平行に整形するビーム偏向器と空間電荷効果によるイオンビームの広がり抑制するアインツェルレンズとを備えたイオン注入装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来から空間電荷効果によるイオンビームの広がり抑制する様々な技術が、イオン注入装置に用いられている。この技術の一例として、空間電荷効果によるイオンビームの広がりを考慮した上で、予めイオンビームを集束させておく技術がある。その技術の一例が、特許文献 1 に開示されている。

【0003】

特許文献 1 には、走査器にて走査されたリボン状のイオンビームをビーム偏向器で偏向させることで平行なリボン状のイオンビームとし、ビーム偏向器の下流側に配置された電界レンズによって、リボン状のイオンビームの短辺方向でイオンビームを内向きに集束させた後、ターゲット上にイオンビームを照射するといった構成のイオン注入装置が開示されている。

20

【0004】

このような電界レンズは、イオンビームを挟んで互に対向する 3 つの電極組から構成されている。また、中央に配置される電極組の電位とその両側に配置される電極組の電位とを異ならせるとともに、両側に配置される電極組の電位が同電位となるように設定されている。このような構成によって、電界レンズをイオンビームが通過する前と通過する後で、イオンビームのエネルギーを変化させずに、イオンビームを一方向において集束させる機能を達成している。このような電界レンズは、一般的には、アインツェルレンズもしくはユニポテンシャルレンズという名称で広く知られている。

30

【0005】

ここで、イオンビームの短辺方向に対して集束作用を施しているのは、取り扱うイオンビームがリボン状といった細長い形状のイオンビームである為、両方向でのビームの発散の程度が同程度であると考えた場合、長辺方向よりも短辺方向での空間電荷効果によるイオンビームの広がりが顕著となるからという理由である。

【0006】

特許文献 1 のように、ターゲット直前で電界レンズを用いてイオンビームをその短辺方向で集束させたとしても、低いエネルギーのイオンビームを取り扱う場合には、空間電荷効果によるイオンビームの広がりへの影響を十分に抑制できているとは言えない。

40

【0007】

電界レンズにイオンビームが入射する前に、空間電荷効果の影響を受けてイオンビームは広がってしまう。その結果、ビームライン中の部材にイオンビームが衝突してしまい、ターゲットに照射されるイオンビームの全体量が減少してしまうといった問題が生じる。それによって、所望の注入量を達成する為の時間が長くなってしまい、半導体素子を製造するイオン注入装置の処理能力にも悪影響が及ぼされる。

【0008】

ビーム偏向器は、リボン状のイオンビーム全体を偏向して平行なビームに整形する為、ビームライン内の他の部材と比較して、比較的大きな領域を有している。その為、ビーム

50

偏向器内でのビームの輸送距離は長い。また、リボン状のイオンビームの長辺方向全域に渡って効率的に均一な磁場を供給するように、ビーム偏向器に設けられた磁極間ギャップの寸法が決定されている。具体的には、設計上のイオンビームの寸法を考慮し、それよりも少しだけ大きくなる程度に設計されている。よって、特許文献1に記載の技術であっても、イオンビームがビーム偏向器内を通過する際に、空間電荷効果の影響により広がってしまい、その結果、ビーム偏向器内部の磁極等に衝突してしまうといった問題が生じてしまう。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-34360号公報（段落0034～段落0060、図1～図6）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

そこで本発明は、上記問題点を一挙に解決するためになされたものであり、ビーム偏向器内部での空間電荷効果によるイオンビームの広がりを抑制し、イオンビームを効率良くターゲットに輸送することを主たる所期課題とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

すなわち本発明に係るイオン注入装置は、イオンビームの中心軌道の進行方向をX方向とし、X方向と互いに直交する2方向をY方向およびZ方向とした時、Y方向の寸法がZ方向の寸法よりも大きいリボン状のイオンビームをターゲットに照射するイオン注入装置であって、XY平面で広がりを有する前記イオンビームの全体形状をX方向と略平行となるように磁界によって偏向させるビーム偏向器と、前記ビーム偏向器を構成し、Z方向において相対向している一对の磁極と、前記磁極上に設けられた絶縁部材と、Z方向において前記イオンビームが通過する空間を挟んで相対向するように前記絶縁部材上に設けられ、Y方向において前記イオンビームの寸法よりも長い寸法を有し、かつ、前記イオンビームの進行方向に沿って非対称なアインツェルレンズを構成する少なくとも1つの電極組と、前記電極組に電圧を印加するための少なくとも1つの電源とを備えていることを特徴とする。

【0012】

このようなものであれば、ビーム偏向器内部に設けられた電極組がイオンビームをその短辺方向において集束させるように作用するので、ビーム偏向器内部での空間電荷効果によるイオンビームの広がりを抑制し、イオンビームを効率良くターゲットに輸送することができる。

【0013】

また、電極組の形状としては、前記イオンビームが各電極組の間を通過するにあたり、前記イオンビームが入射する側に配置された側面を入口側側面とし、前記イオンビームが出射する側に配置された側面を出口側側面とした場合に、Z方向からみて、前記入口側および前記出口側側面とXY平面上での前記イオンビームの進行方向とが垂直に交わるように前記入口側および前記出口側側面が形成されるようにしておくことが望ましい。このような構成にすれば、電極組に電圧が印加された場合に発生する電界によるイオンビームの集束作用をZ方向にのみ働かせることができる。

【0014】

例えば、複数の電極組をビーム偏向器内に配置する場合には、前記電極組として、 $2n-1$ （ n は2以上の整数）個の電極組を設け、X方向に沿って、前記ビーム偏向器の入口側から順に数えて奇数番目に配置される前記電極組の電位を同じ電位となるように設定しておくとともに、偶数番目に配置される前記電極組の電位と異なるように設定しておくこ

10

20

30

40

50

とが望ましい。このような構成にすれば、各アインツェルレンズを構成している3つの電極組のうちの1つを、隣り合うアインツェルレンズで共通して使用することになるので、従来の3個の電極組からなるアインツェルレンズを複数セット設けた場合と比較して、電極組の数を減らすことができる。

【0015】

さらに電極組の数を減らす場合には、前記ビーム偏向器を構成する前記磁極を電氣的に接地させておくことが望ましい。このようにすれば、X方向において1つの電極組の両側に位置している磁極部分を奇数番目の電極組として使用することができる。

【0016】

電極組に印加される電圧は、電極組への電子の引き込みを考慮した場合、負電圧が印加されていることが望ましい。

【0017】

また、電極組を、Z方向からみて、XY平面上での前記イオンビームの進行方向に対して垂直な方向に沿って複数に分割させるとともに、前記電源は、少なくとも複数に分割された電極組の数と同数個、設けられており、各電極組に対して異なる電位が設定されるようにしておいても良い。このようにすれば、分割された電極組間の領域毎に、イオンビームに対して個別の集束作用を施すことができる。

【0018】

走査器を備えたイオン注入装置においては、前記走査器によって走査され、時間的に変化する前記イオンビームの前記電極組への入射位置に応じて、前記電極組に設定される電位を変化させるようにしても良い。このようにすれば、Z方向におけるイオンビームの集束度合いをイオンビームのY方向全域に渡って、所望のものとなるよう調整することが可能となる。

【0019】

イオンビームが電極組に衝突することで金属のパーティクルが発生し、それがターゲットに流入することが考えられる。このような金属のパーティクルの発生を防止するため、前記ビーム偏向器を構成する前記磁極上に、前記電極組へのイオンビームの衝突を防止する為の保護部材を設けてことが望ましい。また、この場合、保護部材と前記絶縁部材とを一体形成しても良い。

【0020】

イオンビームの短辺方向で、さらなる集束作用を得る為に、前記ビーム偏向器を構成する前記磁極に、前記電極組を収納する為の凹部が、Z方向において相対向するように設けられているとともに、前記イオンビームが互いに対向している凹部間を通過するにあたり、Z方向からみて、前記イオンビームが入射する側の領域に形成された前記凹部の周縁形状と、前記イオンビームが出射する側の領域に形成された前記凹部の周縁形状とが、XY平面上での前記イオンビームの進行方向と垂直に交わらないように形成しておいても良い。このような構成であれば、凹部の周縁で発生するフリンジフィールドによってイオンビームの短辺方向へのさらなる集束効果が期待できる。

【0021】

電気配線の引き回しを簡単にする為には、前記磁極の前記電極組が配置されている面に、貫通孔設けておけば良い。そのようにすると、電極組に電圧を供給する為の電気配線をビーム偏向器の外側から貫通孔を通して導入することができるので、配線の引き回しが簡単となる。

【0022】

また、電気配線の引き回しを簡単にする為の別の構成として、前記凹部をY方向において前記磁極を貫くように形成しておいても良い。凹部を通して、Y方向から電気配線を磁極内に導入させることができるので、配線の引き回しが簡単となる。

【0023】

さらに、上述した電気配線の引き回しの別の構成を利用して、電極組の磁極への取り付

10

20

30

40

50

けを容易にする為に、前記電極組としてY方向において前記磁極に形成された前記凹部よりも長い寸法を有するものを使用し、前記凹部から突出した部分を、Z方向に折り曲げておくことも考えられる。このような構成にすると、Y方向における磁極側面から電極組を取り付けることができるので、取り付け作業が簡単になる。

【発明の効果】

【0024】

このように構成した本発明によれば、ビーム偏向器内部での空間電荷効果によるイオンビームの広がりを抑制し、イオンビームを効率良くターゲットに輸送させることができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0025】

【図1】本発明に係るイオン注入装置の一実施形態を示すXY平面図である。

【図2】本発明に係るイオン注入装置の他の実施形態を示すXY平面図である。

【図3】3つの電極組が設けられたビーム偏向器のXZ平面における断面図である。

【図4】5つの電極組が設けられたビーム偏向器のXZ平面における断面図である。

【図5】1つの電極組が設けられたビーム偏向器のXZ平面における断面図である。

【図6】1つの電極組がその長さ方向に沿って分割された様子を示すXY平面図である。

【図7】保護部材を備えたビーム偏向器のXZ平面における断面図である。

【図8】電極組を収納する為の凹部が形成された磁極を備えたビーム偏向器のXZ平面における断面図である。

20

【図9】図8に示される凹部のXY平面での周縁形状を示す平面図である。

【図10】Z方向上側の凹部周辺形状がイオンビームへ及ぼす集束作用の説明図である。

【図11】Z方向下側の凹部周辺形状がイオンビームへ及ぼす集束作用の説明図である。

【図12】凹部がY方向において磁極を貫いている様子を表す斜視図である。

【図13】Y方向において、凹部から突出した電極組の部分がZ方向へ折り曲げられている様子を表す斜視図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

本発明では、イオンビームの中心軌道の進行方向をX方向とし、X方向と互いに直交する2方向をY方向およびZ方向としている。そして、ターゲットにイオン注入されるリボン状（細長い形状）のイオンビームで、その長手方向をY方向としている。よって、イオンビームがビームライン上を偏向、集束、走査等されながら輸送されている間、X方向、Y方向は、ビームライン上でのイオンビームの位置において、適宜、変化している。

30

【0027】

図1は、本発明に係るイオン注入装置の一実施例を示す平面図である。イオン源1から出射されたスポット状のイオンビーム2から、質量分析マグネット3と図示されていない分析スリットとが協働することによって、ターゲット10にイオン注入されるべき所望の質量を有するイオンのみが選別される。その後、加速管4に輸送されたイオンビーム2は、ターゲット10に注入されるべき所望のエネルギーを有するイオンビームへと変換される。そして、第2の質量分析マグネット5によって、再び質量分析され、加速管4でのエネルギー変換時に発生した不所望なイオンや中性粒子などの除去が行われる。

40

【0028】

次に、走査器6でスポット状のイオンビーム2を一平面上で走査して、走査された方向に広がり（長さ）を有するリボン状のイオンビームを作り出す。その後、走査されたイオンビーム2は、ビーム偏向器7に入射される。なお、イオン源1から走査器6までの間に描かれているイオンビームの軌道は、イオンビームの中心軌道であり、本発明でいうX方向である。

【0029】

ビーム偏向器7では、イオンビームの全体形状がX方向に平行となるようにイオンビーム2の偏向が行われる。このビーム偏向器7の内側には、イオンビーム2を挟むようにし

50

て、Z方向において相対向するように少なくとも1つの電極組が配置されている。図1の実施例では、ビーム偏向器7内に3つの電極組が設けられており、それぞれが図示しない電源に接続されている。この3つの電極組からなる電界レンズ8を、周知のアインツェルレンズとして機能させる為に、X方向に沿って配置された電極組を順に、第一の電極組、第二の電極組、第三の電極組とすると、第一の電極組と第三の電極組の電位を同電位とし、かつ、第二の電極組の電位と異なる電位を有するように電位の設定がなされている。このような構成によって、ビーム偏向器7の内部で、イオンビームのZ方向（換言すれば、リボン状のイオンビームがその短辺方向）への集束がなされる。なお、ここでいう集束とは、イオンビームを1点に集めることを意味するのではなく、空間電荷効果によるイオンビームの広がり方を補償するために、広がり方向と反対側に、イオンビームを向かわせる、あるいは、偏向させる、絞るという意味をもつ。また、Z方向において対向配置された各電極組を電氣的に導通された1つの部材で構成してもよいし、個別の部材で構成しても良い。

10

このような構成は、後述する他の実施例においても同様に考えることが出来る。

【0030】

図1に示すようにイオンビーム2の進行方向に対して、各電極組のイオンビーム2が入射する入口側、イオンビーム2が出射する出口側の側面は、Z方向から見た場合に、垂直に交わるように設定されている。このように設定しておくことで、各電極組に電圧が印加されることで各電極組間に電界が発生しても、電界の向きとイオンビーム2の進行方向とが平行な関係となるので、XY平面上でのイオンビーム2の偏向に支障を来さない。つまり、イオンビーム2に対してはZ方向の集束作用しか働かない。よって、ビーム偏向器7による偏向を問題なく行うことができる。

20

【0031】

また、本発明で、走査器6からビーム偏向器7の出口までのビームライン上で、イオンビームの進行方向と表現する場合は、1方向に限られない。これは、図1の走査器6からターゲット10までのビームライン上に、イオンビームの軌道を表す代表線として描かれている3本線を参照すれば理解できる。XY平面上で、おおよそX方向を向いてはいるものの、イオンビームの広がり方向（Y方向）に沿った位置で、個々のイオンビームの進行方向を見た場合、X方向から、若干、ずれている。その為、本発明では、このような様々な方向を向くイオンビームの向きを総称して、イオンビームの進行方向と呼んでいる。なお、3本線のうち、中央の線は、イオンビームの中心軌道に相当し、本発明でいうX方向である。なお、図1中に描かれるXYZ座標は、ターゲット10に照射されるイオンビームに対応するものであり、前述のようにその他の位置ではXYZ軸の方向は変更となる。

30

【0032】

ビーム偏向器7を通過したイオンビーム2は、ホルダー9により支持されたターゲット10に注入される。なお、ターゲットは半導体基板であって、例えば、300mmの直径を有する円形のシリコンウェハである。そして、ホルダー9を支持する駆動機構11によって、ターゲット10をZ方向へ往復駆動させることによって、ターゲット10の全面にイオン注入が実施される。

【0033】

図2は、本発明に係るイオン注入装置の他の実施例を示す平面図である。このイオン注入装置では、イオン源から出射されるイオンビーム2は、1次元で広がりを有したりボン状のイオンビームである。このイオン注入装置でも図1のイオン注入装置と同じく、質量分析マグネット3と図示されていない分析スリットとが協働することで、ターゲット10にイオン注入されるべき所望の質量を有するイオンのみが選別される。その後、3つの電極組からなる電界レンズ8を内部に備えたビーム偏向器7で、イオンビーム2の短辺方向への集束とイオンビームの広がり方向（Y方向）における平行化が行われる。図2のイオン注入装置は、走査器6を有していない。このようなイオン注入装置であっても、本発明は適用できる。

40

【0034】

50

次に、ビーム偏向器 7 内での電極組の詳細について、説明する。図 3 はビーム偏向器 7 のイオンビームの中心軌道を含む X Z 断面を示している。ビーム偏向器 7 内には、Z 方向においてイオンビームを挟んで相対向するように一対の磁極 1 2 が設けられている。この磁極 1 2 は、Y 方向において図示されないヨークによって連結されている。ヨークには、コイルが巻き回されており、一対の磁極 1 2 間の一方に磁界が発生されるように構成されている。このような構成の電磁石は、C 型ヨークを備えた電磁石として、一般的に広く知られている。図 2 の例では、Z 方向で、磁極 1 2 間の上側から下側に向けて磁界が発生している。また、Z 方向において、磁極 1 2 間に描かれる図中の矢印はイオンビーム 2 の中心軌道を示している。後述する図 4、5、7、8、9 にも矢印が描かれているが、これらの矢印も図 3 と同じくイオンビーム 2 の中心軌道を現している。さらに、図 3、4、5、7、8 において電極組の X 方向、Z 方向における長さは描かれているものに限らず、これよりも長いものであっても、短いものであってもいずれを用いても構わない。

10

【0035】

磁極 1 2 上には、絶縁部材 1 6 を介して、電極組 1 3 ~ 1 6 が設けられている。この絶縁部材 1 6 の材質は、例えば、カーボンである。

【0036】

X 方向に沿って配置された第一の電極組 1 3、第二の電極組 1 4、第三の電極組 1 5 には、図示されていない電源により、電圧が印加されている。そして、各電極組での電位が、第一の電極組 1 3 と第三の電極組 1 5 の電位が V 1 であり、第二の電極組 1 4 の電位が V 2 となるように設定されている。なお、本発明では基準となる電位は接地電位 (0 V) であり、これを基準として各電極の電位が設定されている。電源は各電極組に 1 つずつ設けても構わないし、同じ電位が設定される電極組毎に電源を設けても構わない。また、第一の電極組 1 3 と第三の電極組 1 5 を電氣的に接地するようにしても良い。さらに、第二の電極組 1 4 には電圧調整可能な電源を接続しておき、イオンビームに対する集束作用を、適宜、調整できるようにしておいても良い。

20

【0037】

取り扱うイオンビームが、正の電荷を有するイオンビームである場合、電源によって各電極組へ印加される電圧は、負電圧である方が望ましい。正電圧が印加されていると、ビームライン中に存在する電子が電極組へ取り込まれてしまう。それによって、正の電荷を有するイオンビームの空間電荷効果を抑制する電子がなくなってしまうので、余計にイオンビームの広がりが顕著となる。よって、負電圧を電極組に印加しておくことで、負の電荷をもった電子を電極組の近傍で反射させて、ビームライン中に残留させておくことができ、正の電荷を有するイオンビームで発生する空間電荷効果による広がりをいくらか抑制させることができる。

30

【0038】

図 4 は、ビーム偏向器 7 内部に、5 つの電極組を配置した例である。図 3 の例との違いとして、電極組の数が増えている。X 方向に沿って配置された電極組である第一の電極組 1 3、第二の電極組 1 4、第三の電極組 1 5、第四の電極組 1 7、第五の電極組 1 8 には、図示されていない電源により電圧が印加されている。そして、各電極組での電位を、第一の電極組 1 3、第三の電極組 1 5、第五の電極組 1 8 の電位が V 1 となるように、第二の電極組 1 4 の電位が V 2、第四の電極組 1 7 の電位が V 3 となるように設定している。

40

【0039】

通常、3 つの電極組から構成されるアインツェルレンズを 2 つ設けた場合、単純に 6 つの電極組が必要となるが、図 4 に示すように、1 つ目のアインツェルレンズを構成する電極組の 1 つを、2 つ目のアインツェルレンズを構成する電極組の 1 つと兼用させることで、電極組の数を減らすことができる。図 4 の例では、第三の電極組 1 5 を兼用させている。

【0040】

図 4 の例では、電極組が 5 つであったが、この数をさらに増やしても良い。例えば、電極組の数を 7 つにすると、第三の電極組 1 5 と第五の電極組 1 8 とを各アインツェルレン

50

ズで兼用させることになる。これによって、7つの電極組で、アインツェルレンズ3つ分の機能を奏することができる。

【0041】

これを一般的に示すと、次のように言うことができる。電極組の数を $2n - 1$ (n は2以上の整数)とした場合、奇数番目の電極組の電位を同電位とし、かつ、偶数番目に配置される電極組の電位と異ならせる。

【0042】

このような構成を採用することにより、少ない電極数で、複数のアインツェルレンズの機能を達成させることができる。

【0043】

なお、図4の例では、偶数番目(第二の電極組14と第四の電極組17)の電位を異ならせているが、これは同じ電位であっても構わない。偶数番目の電極組の電位設定は、どの程度の集束作用をビーム偏向器内のどの場所で発生させるのかについて、空間電荷効果によるイオンビームの発散の程度を考慮した上で、適宜、行われる。

【0044】

一方、ビーム偏向器7に入射するイオンビーム2が、空間電荷効果の影響を受けて、想定される寸法よりも大きな径を有していた場合、ビーム偏向器7の磁極12に衝突することが考えられる。このような衝突が起きると、磁極12の電位が変動する恐れがある。磁極12の電位が不安定になると、図3、図4に示した例では、各電極組で設定される電位にも影響を及ぼすかもしれない。その為、磁極12を電氣的に接地しておくことが考えら

【0045】

磁極12を電氣的に接地した場合、図5に示すような構成を用いても良い。図5の例では、電極組の数は1つである。この図5で示される例では、電氣的に接地された磁極12を図3、図4に示した第一の電極組13、第三の電極組15として用いている。このような構成にすることで、アインツェルレンズの機能を1つの電極組で達成することが可能となる。

【0046】

なお、図5の構成において、アインツェルレンズ2つ分の機能をもたせるのであれば、第二の電極組14の他にもうひとつ電極組を増やしてやれば良い。例えば、増やした電極を第四の電極組17とすると、第二の電極組14と第四の電極組17との間に存在している磁極12の領域が第三の電極組15として機能することになる。このような構成であれば、数少ない電極組で、簡単に複数のアインツェルレンズの機能を達成することが可能となる。

【0047】

また、この電極組はその長さ方向において、複数に分割しても良い。その例として、図5の電極組をその長さ方向に沿って3つに分割した様子を図6に示す。なお、電極組の長さ方向を別の表現で表すと、Z方向からみて、XY平面上でのイオンビームの進行方向に対して垂直な方向と言える。

【0048】

ビーム偏向器7内を通過するイオンビーム2の軌道は、ビーム偏向器7の内側を通る軌道と外側を通る軌道とで距離が異なる。X方向に沿った距離を比較してみても、外側の軌道がL1であるのに対して、内側の軌道がL2である為、外側の軌道の方が内側の軌道よりも短いことがわかる。距離に違いがあれば、空間電荷効果による影響はイオンビーム2の輸送距離に応じて大きくなるので、外側の軌道を通過するイオンビーム2の方が内側の軌道を通過するイオンビーム2よりも空間電荷効果による影響は大きいと言える。

【0049】

その為、内側と外側軌道で輸送距離に差があるイオンビーム2を、軌道差に無関係に同じように集束させていたのでは、空間電荷効果の影響を十分に抑制したとは言えない。よって、図6に示した構成のように、電極組をその長さ方向に沿って分割しておき、分割さ

10

20

30

40

50

れた各電極組の電位を異ならせておくことで、イオンビーム 2 が通過するビーム偏向器 7 内の場所に応じて、異なった集束作用を発生させることが考えられる。具体的には、ビーム偏向器 7 の外側を通るイオンビーム 2 に対して、内側を通るイオンビーム 2 よりも大きな集束作用が働くように、各分割電極組での電位を設定すれば良い。

【 0 0 5 0 】

具体的には、各分割電極組の電位を設定する電源を分割数と同じ数だけ設けておき、個別に電極組の電位設定を行うことが考えられる。図 6 の場合、3 つに分割された電極組に対して 3 つの電源を設ける。そして、ビーム偏向器 7 の外側から内側に向けて配置された 3 つの電極組 1 4 の電位を、それぞれ V_{21} 、 V_{22} 、 V_{23} となるように設定する。なお、 $V_{21} \sim V_{23}$ の電位は絶対値で比較した場合、 $V_{21} > V_{22} > V_{23}$ の関係となる。

10

【 0 0 5 1 】

ここでは 1 つの電極組を分割して、分割数と同数の電源を用意することについて述べたが、図 1 ~ 4 に示されるような複数の電極組を有している構成で、そのうちの一つを分割電極とする場合には、分割電極以外の電極組の電位を設定する為の電源を分割電極用とは別に用意しておくか、分割電極用として用いた電源と兼用させても良い。

【 0 0 5 2 】

図 1 で走査器 6 を有するイオン注入装置の例を挙げたが、この例の場合には、電極組に設定される電位を時間的に変化させておくことが考えられる。走査器 6 は公知の技術として広く知られているように、時間に依存して一定の周期でイオンビーム 2 の偏向量を変化させている。

20

【 0 0 5 3 】

これをより具体的に説明する。図 1 において、ビーム偏向器 7 に入射するイオンビーム 2 に着目し、その入射点をそれぞれ A、B、C として表す。この場合において、時間 t_1 には A 点に、時間 t_2 には B 点に、時間 t_3 には C 点にイオンビーム 2 が入射したとする。そうすると、C 点に入射したイオンビーム 2 は $t_3 - t_1$ の時間後には、再び A 点に入射することになる。このように一定の周期 T ($T = 2 \times (t_3 - t_1)$) でもって走査器 6 で走査されたイオンビーム 2 は A 点 ~ C 点に入射することになる。

【 0 0 5 4 】

図 6 の例で述べたように、ビーム偏向器 7 の外側、内側といったどの部分をイオンビーム 2 が通過するのかによって、ターゲット 10 までの距離に差が生じる。図 1 の例で言えば、A 点を通るイオンビーム 2 は、B 点および C 点を通るイオンビーム 2 の軌道と比較して、ターゲット 10 までの距離が長くなる。なお、本発明においては、イオンビーム 2 は連続的に走査されていることを想定している。イオンビーム 2 は図面の簡略化の為に図示されていないが、A 点 ~ B 点、B 点 ~ C 点までの間を通過するイオンビームは存在している。

30

【 0 0 5 5 】

本発明では、このような走査器 6 による時間的なイオンビーム 2 の偏向量の違いに着目し、電界レンズ 8 を構成する電極組に設定される電位を時間的に変化させることも考えられる。つまり、イオンビーム 2 の軌道がビーム偏向器 7 の外側 (図 1 の A 点側) を通過する時間には、大きな集束効果を奏するように、電極組の電位を V_x に設定する。反対に、イオンビーム 2 の軌道がビーム偏向器 7 の内側 (図 1 の C 点側) を通過する時間には、外側を通過する場合よりも小さな集束効果を奏するように、電界レンズ 8 を構成する中央の電極組の電位を V_y (絶対値で比較した場合、 $V_x > V_y$) に設定する。このようにイオンビームの走査のタイミングに応じて電極組の電位設定を変更することで、ターゲットまでの距離の差によって引き起こされる空間電荷効果によるイオンビームの発散の程度差を打ち消すことが出来る。

40

【 0 0 5 6 】

ビーム偏向器 7 に入射するイオンビーム 2 が、空間電荷効果の影響を受けて、想定される寸法よりも大きな径を有していた場合、磁極 1 2 にイオンビーム 2 が衝突して、磁極 1

50

2の電位が変動する問題以外に、電極組にイオンビームが衝突してしまい、ターゲット10に金属の不純物が流入してしまう問題がある。このような問題は、メタルコンタミネーションとして広く知られている。

【0057】

メタルコンタミネーションの防止の為、図7に示すように、磁極12上に保護部材19を設けるとともに、保護部材19に電極組を収納する凹部を形成しておくことが考えられる。このような構成にすれば、ビーム偏向器7に入射されるイオンビーム2からみて、電極組が凹部のへこみ部分に隠れているので、イオンビーム2が電極組に衝突する危険性が少なくなる。これによって、メタルコンタミネーションを抑制することができる。

【0058】

この保護部材19の材質は、非金属性のものを使用する。例えば、図3～図5に示した絶縁部材16と同じくカーボンを用いても良い。この場合、絶縁部材16と一体ものとして構成しておいても良い。図7に示される例では、保護部材19として、絶縁部材16と一体形成された部材を使用している。そのようにすれば、別に部材を設ける必要がないので、コスト面から有利である。但し、絶縁部材16と保護部材19とを個別に設けておいても構わない。別体として、絶縁部材16と保護部材19とを設ける場合、保護部材19に電極組を収納する為の凹部を形成する必要はない。Z方向において、電極組の厚みよりもイオンビームの中心軌道側に突出させるとともに、Z方向に相対向する電極組間の領域にかからない部材であれば、どのような形状のものであっても構わない。

【0059】

電極組へ電圧を供給するための電気配線について、C型のヨークに連結された磁極12上に絶縁部材を介して、電極組が配置されている場合、ヨークの開口部分(図3～図5、図7のY方向)から電気配線を引き回すことになるが、それだと、配線の引き回しが複雑になることが考えられる。よって、図8に示すように磁極12に貫通孔21を設けておき、Z方向から電気配線を磁極内部へ導入することが考えられる。このような構成にすれば、電気配線の引き回しが簡単ですむ。この図8の例では、絶縁部材16にも貫通孔21が設けられているが、絶縁部材16には貫通孔を設けずに、絶縁部材16と磁極12との隙間から電気配線を引き回すようにしても良い。

【0060】

イオンビーム2に対して、その短辺方向において更なる集束効果を発生させるために、図8に示したように磁極平面上に凹部20を形成させることが考えられる。イオンビーム2が入射する側の領域に形成された凹部20の周縁形状と、イオンビーム2が出射する側の領域に形成された凹部20の周縁形状とを、Z方向からみて、XY平面上でのイオンビーム2の進行方向と垂直に交わらないように形成させておく。

【0061】

図9には、Z方向からみた凹部20の周縁形状が示されている。イオンビーム2の中心軌道に着目すると、電極組13～15は、イオンビーム2の進行方向に対して垂直に交わっている。これに対して、イオンビーム2が入射する領域の凹部20の周縁形状と、イオンビーム2が出射する領域の凹部20の周縁形状とは、イオンビーム2の進行方向に対して、垂直に交わっていない。換言すれば、各電極組を収納する凹部20の周縁形状は、電極組の形状と異なっている。ここで異なっているとは、相似形をしていないということを用いる。また、説明を簡単にする為に、イオンビーム2の中心軌道に着目したが、イオンビームの他の軌道に対しても同様のことが言える。

【0062】

このような凹部20の周縁形状によって起こる集束作用について、図10と図11を用いて説明する。

【0063】

図10は、イオンビーム2の中心軌道よりもZ方向で上側の凹部周縁での磁極面で発生した磁場が、その下を通過するイオンビーム2に対して、どのような力を及ぼすかについて、示した図である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

磁極 1 2 の端部、いわゆるフリンジフィールドでは、磁場が Z 方向に直線状に向くのではなく、あたかも放物線を描くかのような方向で発生している。磁極 1 2 上に凹部 2 0 を形成することで、凹部 2 0 の周縁部分でもこのようなフリンジフィールドが形成される。

【 0 0 6 5 】

説明を簡単にする為に、凹部 2 0 の周縁形状を直線状とする。図 9 で述べたように、周縁形状は、イオンビーム 2 の進行方向に対して垂直でない。それゆえ、図 1 0 に示すように、凹部周縁での磁極面の形状を、イオンビーム 2 の進行方向と同じ位置に、Z 方向に沿って下ろした場合、イオンビーム 2 の進行方向とイオンビームの軌道上での仮想の磁極面とは垂直でない角度 θ でもって、交わることになる。

10

【 0 0 6 6 】

次に、この仮想の磁極面に対し、垂直に交わる補助線 A を描く。凹部 2 0 の周縁での磁極面で発生された磁場は、Z 方向で補助線 A と直交する成分 A と、補助線 A に平行な成分 B とに分けることができる。分けられた成分のうち、成分 A は、Z 方向下向きの磁場であるので、磁極 1 2 の平坦な部分で発生している磁場の方向と一致する。その為、この成分 A の磁場は、ビーム偏向器 7 において、イオンビーム 2 を平行に偏向する為に機能する。

【 0 0 6 7 】

一方、成分 B を更に細かく分けると、イオンビームの進行方向と逆向きとなる成分 C と、イオンビーム 2 の進行方向と Z 方向とに直交する成分 D と、に分けることができる。成分 C は、イオンビーム 2 と平行である為、イオンビーム 2 に対して作用しない。成分 D はイオンビームと垂直に交わる為、この成分 D がイオンビーム 2 に作用を及ぼす。

20

【 0 0 6 8 】

フレミングの左手の法則によると、成分 D によってイオンビーム 2 が受ける力の方向は、Z 方向下向きの力となる。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 では、イオンビームの中心軌道よりも Z 方向で下側の凹部周縁での磁極面で発生した磁場が、その下を通過するイオンビーム 2 に対して、どのような力を及ぼすかについて、示した図である。

【 0 0 7 0 】

凹部の周縁形状は、Z 方向で相対向しているので、図 1 0 との関係から、この図 1 1 でも凹部 2 0 の周縁形状を直線状としている。図 1 0 の場合と同じく、凹部周縁での磁極面の形状を、イオンビーム 2 の進行方向と同じ位置に、Z 方向に沿って上げた場合、イオンビーム 2 の進行方向とイオンビームの軌道上での仮想の磁極面とは垂直でない角度 θ でもって、交わることになる。

30

【 0 0 7 1 】

次に、この仮想の磁極面に対し、垂直に交わる補助線 A を描く。凹部 2 0 の周縁での磁極面で発生された磁場は、Z 方向で補助線 A と直交する成分 A と、補助線 A に平行な成分 B とに分けることができる。分けられた成分のうち、成分 A は、Z 方向下向きの磁場であるので、磁極 1 2 の平坦な部分で発生している磁場の方向と一致する。その為、この成分 A の磁場は、ビーム偏向器 7 において、イオンビーム 2 を平行に偏向する為に機能する。

40

【 0 0 7 2 】

一方、成分 B を更に細かく分けると、イオンビームの進行方向と同じ向きとなる成分 C と、イオンビーム 2 の進行方向と Z 方向とに直交する成分 D と、に分けることができる。成分 C は、イオンビーム 2 と平行である為、イオンビーム 2 に対して作用しない。成分 D はイオンビームと垂直に交わる為、この成分 D は、イオンビーム 2 に作用を及ぼす。

【 0 0 7 3 】

フレミングの左手の法則によると、成分 D によってイオンビーム 2 が受ける力の方向は、Z 方向上向きの力となる。

【 0 0 7 4 】

このようにして、Z 方向において上側の凹部 2 0 の周縁での磁極から発生される磁場に

50

よって、イオンビーム 2 は下向きの力を受けるとともに、Z 方向において下側の凹部 2 0 の周縁での磁極から発生される磁場によって、イオンビーム 2 は上向きの力を受けることになるので、結果として、イオンビーム 2 の短辺方向で集束されることになる。これによって、電極組によるイオンビーム 2 の短辺方向での集束作用に加えて、さらなる集束作用を得ることができるので、空間電荷効果によるイオンビームの発散を抑制する効果を十分に得ることができる。

【0075】

さらに、このような凹部 2 0 を設ける場合、電極組へ電圧を供給するための電気配線の簡単な引き回し構成として、図 1 2 のような構成も考えられる。図 1 2 は、一对の磁極 1 2 上に設けられた凹部 2 0 が Y 方向において、磁極 1 2 を貫いている様子を示している。通常であれば、Z 方向から凹部内に設けられた電極組 1 4 に対して電気配線を引き回すことになるが、図 1 2 に示す構成を用いると、Y 方向から簡単に電気配線を引き回すことが可能となる。なお、図 1 2 では、Y 方向において、磁極の両側を凹部が貫くような構成となっているが、片側のみを貫く構成であっても構わない。

10

【0076】

Z 方向から絶縁部材 1 6 を介して電極組を磁極 1 2 に取り付けるにあたっては、Z 方向に磁極 1 2 が対向して存在しているので、取り付けが煩わしくなる。

【0077】

そこで、このような取り付け作業の煩わしさを解消するために、凹部 2 0 が Y 方向において、磁極 1 2 を貫いている場合、図 1 3 に示すような構成が考えられる。

20

【0078】

図 1 3 では、電極組 1 4 の Y 方向における寸法を凹部 2 0 よりも長くしておき、凹部 2 0 から突出している電極組 1 4 の部分を Z 方向に折り曲げて、Y 方向に位置する磁極側面から電極組 1 4 を図示していない固定部材や固定治具を用いて、絶縁部材 1 6 を介して磁極 1 2 に固定している。このような構成とすることで、電極組の取り付け作業が容易となる。

【0079】

図 1 2、図 1 3 では、一对の磁極のうち、片方の磁極 1 2 しか描かれていないが、他方の磁極 1 2 の構成も同様であるため、他方の磁極 1 2 の図示を省略している。

30

【0080】

以上、本発明でのビーム偏向器およびそれに備えられた電極組、磁極の構成等の実施例を述べてきたが、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、各種の改良および変更を行っても良いのはもちろんである。

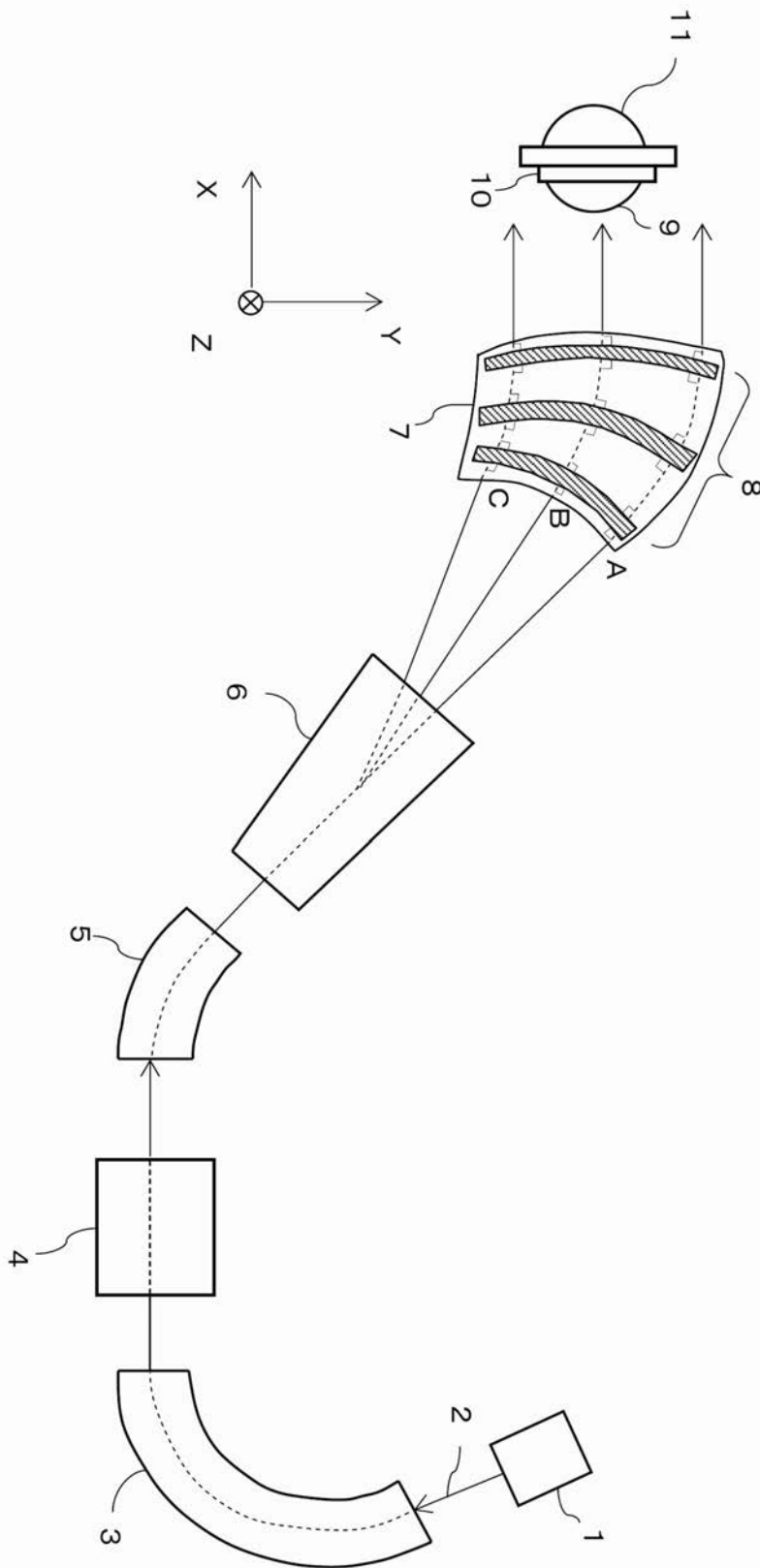
【符号の説明】

【0081】

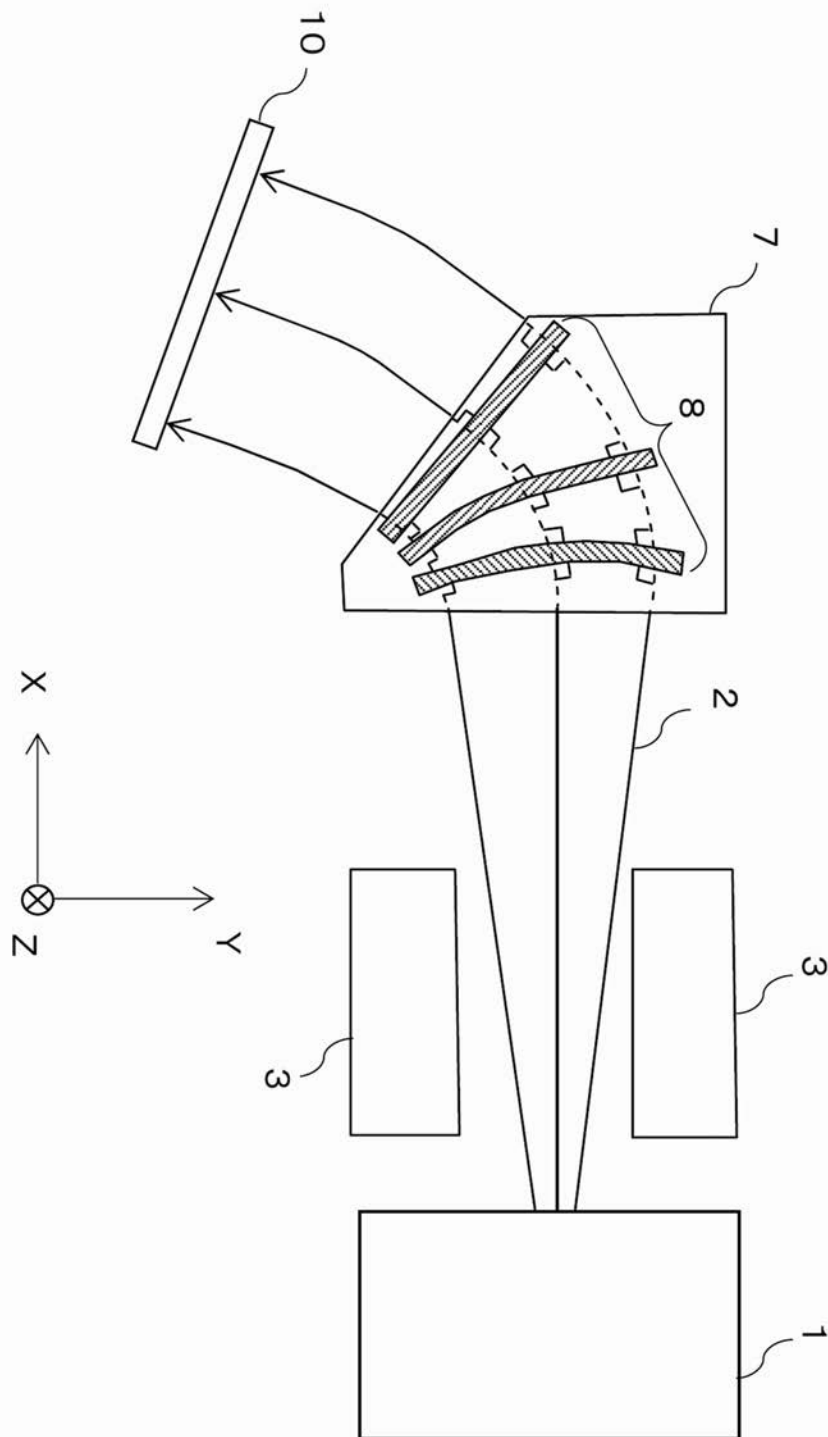
- 1 . イオン源
- 2 . イオンビーム
- 7 . ビーム偏向器
- 8 . 電界レンズ
- 1 2 . 磁極
- 1 3 . 第一の電極組
- 1 4 . 第二の電極組
- 1 5 . 第三の電極組
- 1 6 . 絶縁部材
- 1 9 . 保護部材
- 2 0 . 凹部
- 2 1 . 貫通孔

40

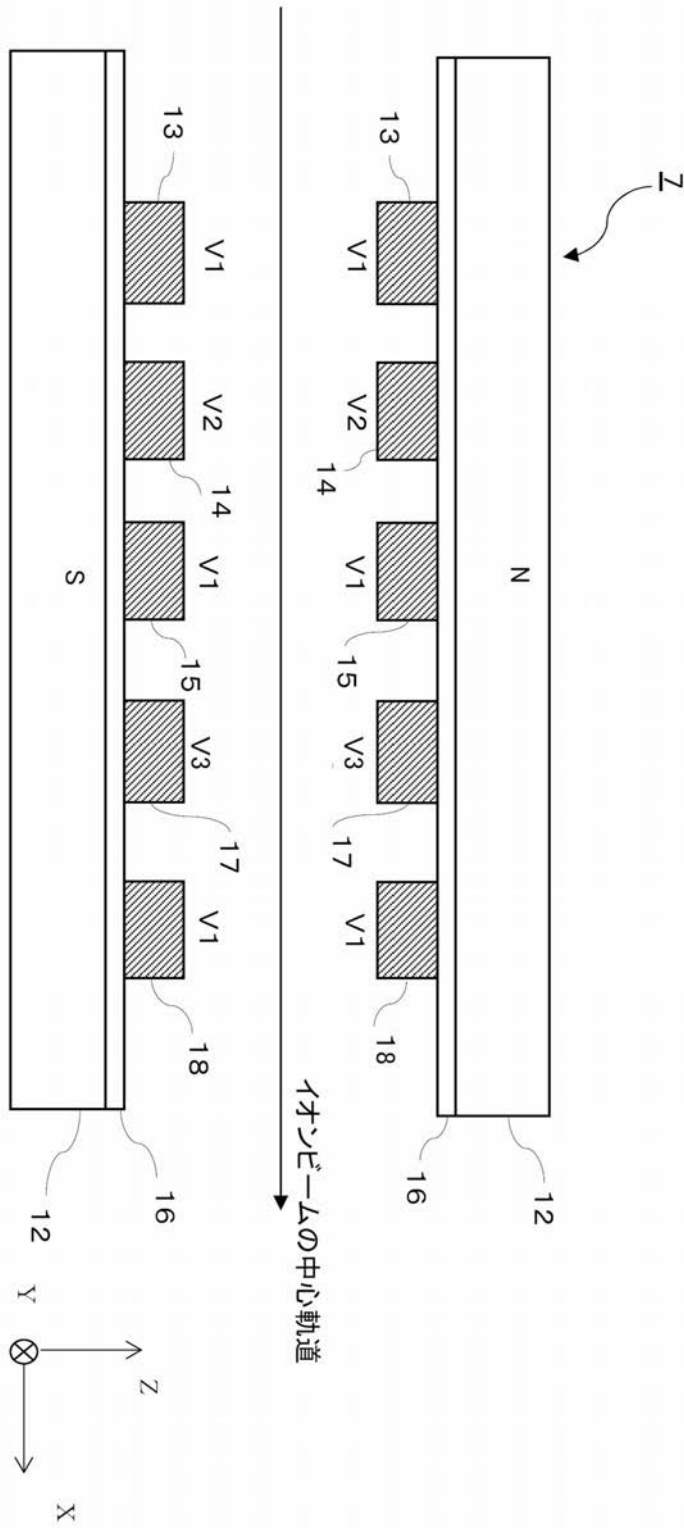
【図 1】



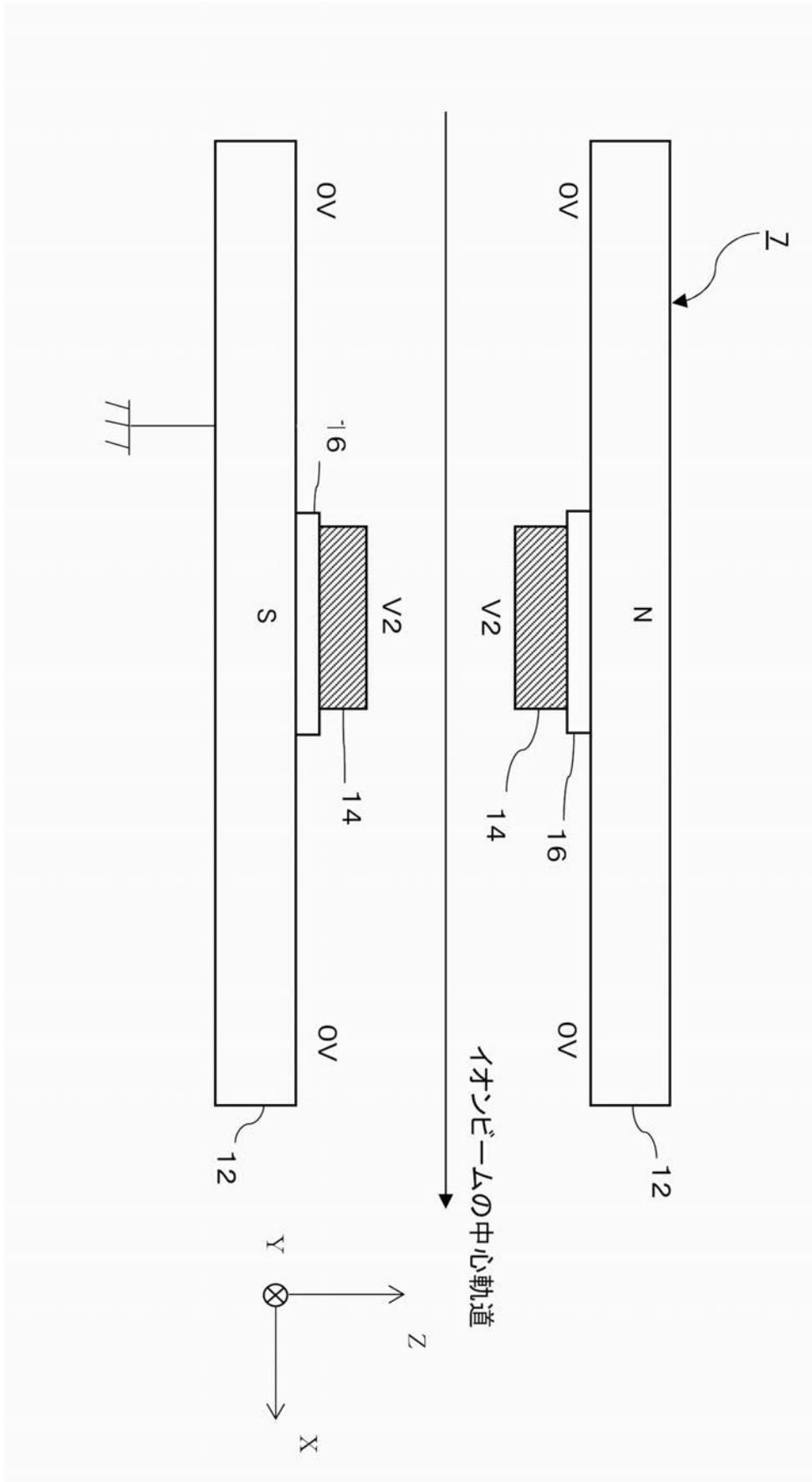
【図 2】



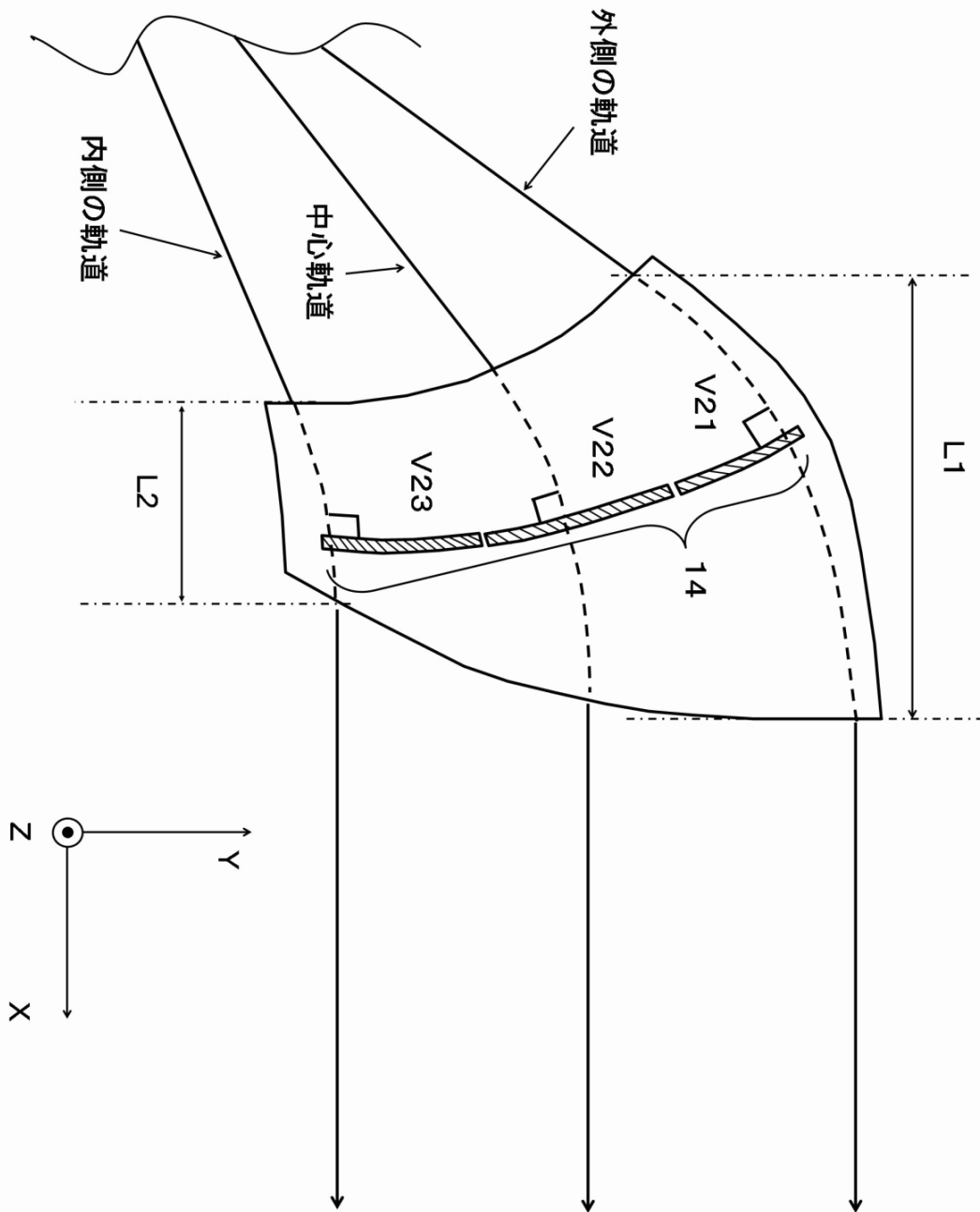
【図4】



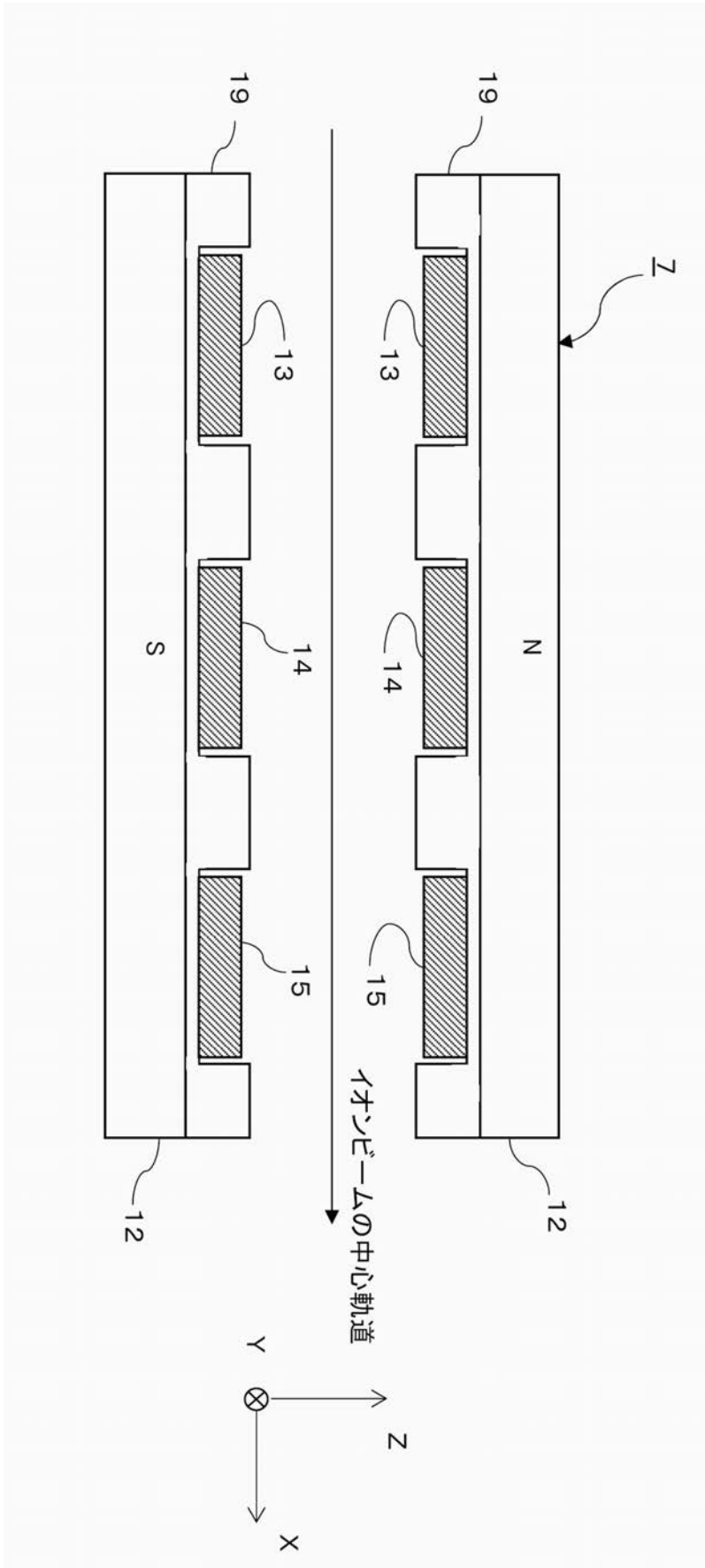
【図5】



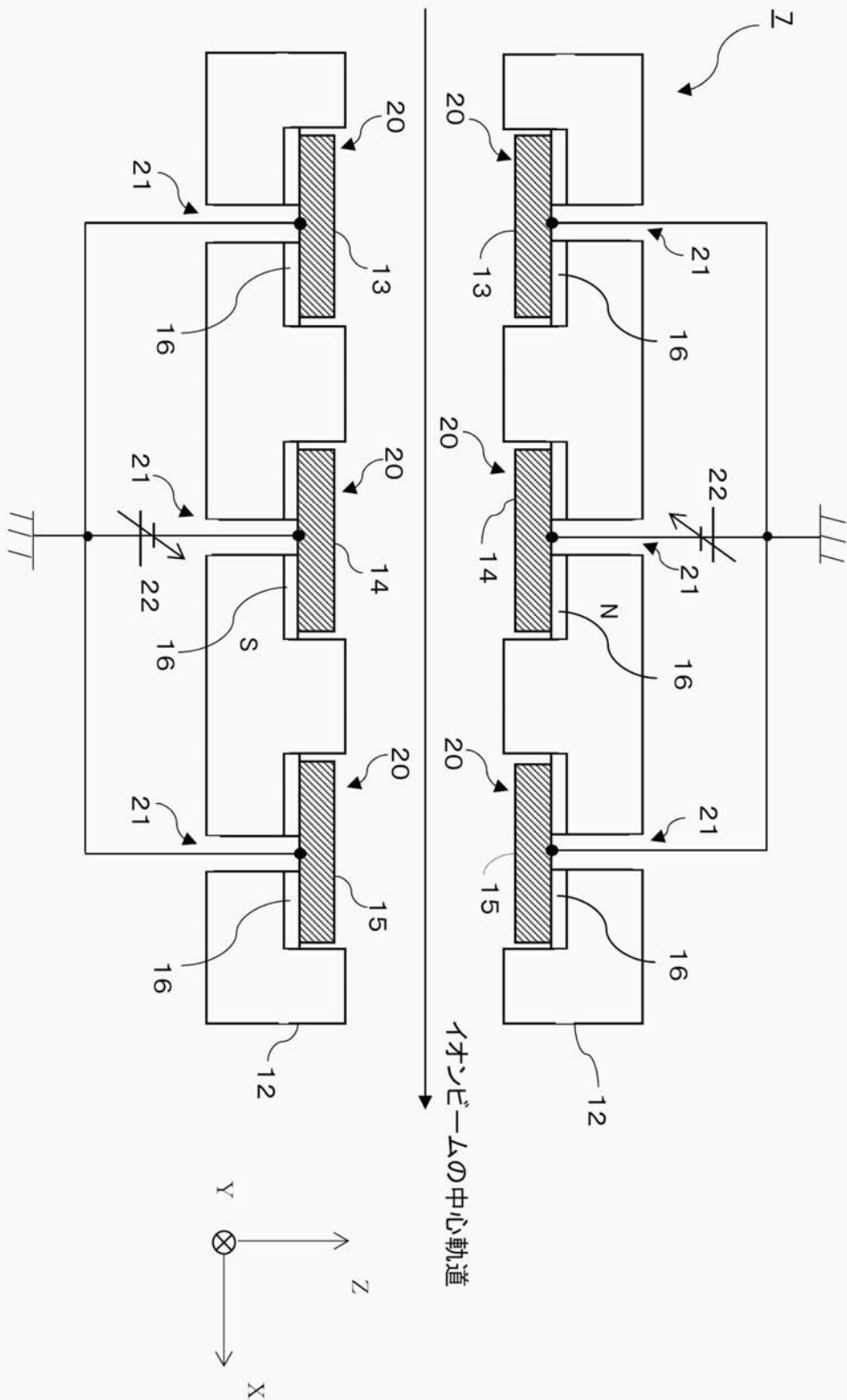
【図 6】



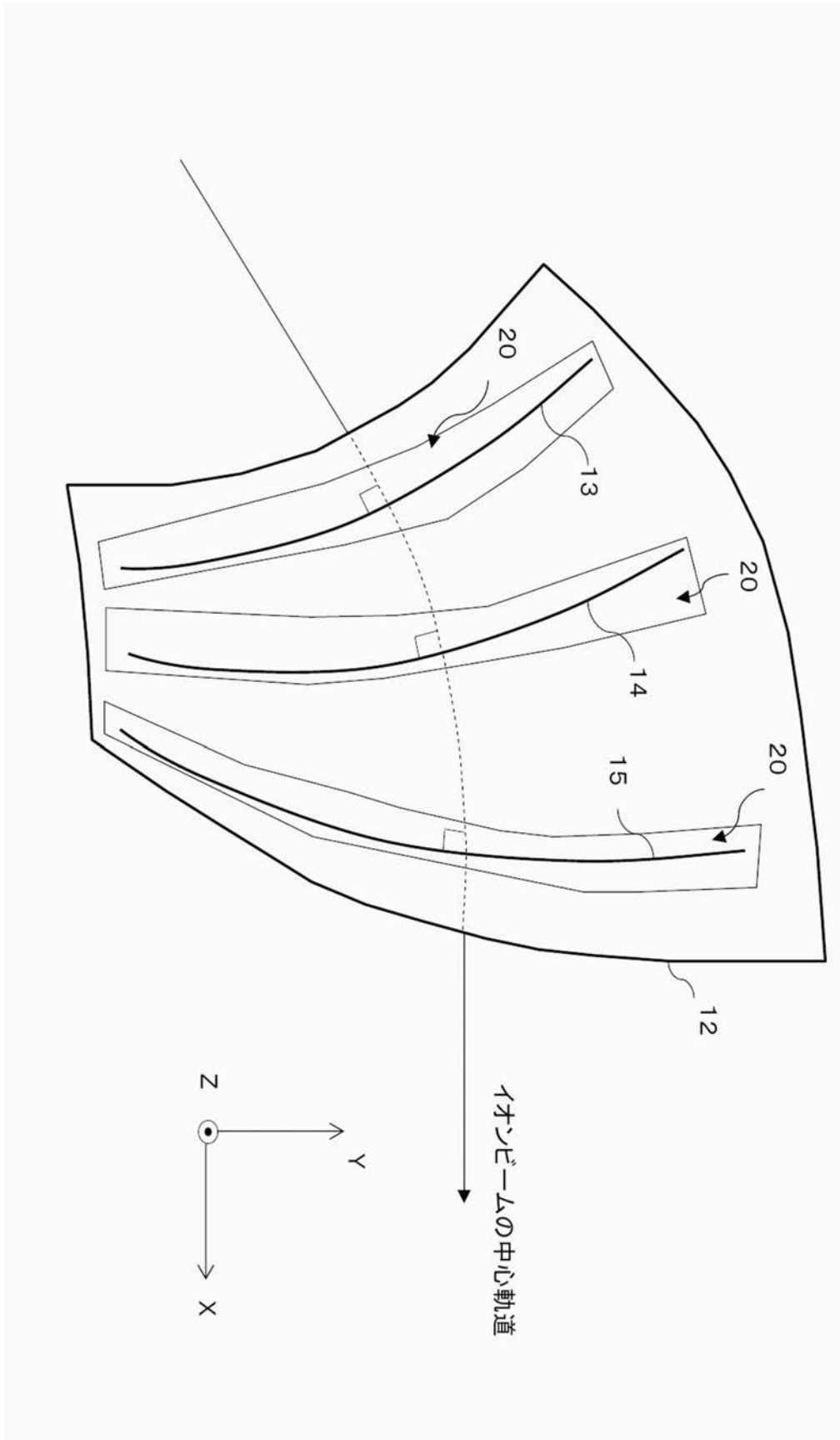
【図7】



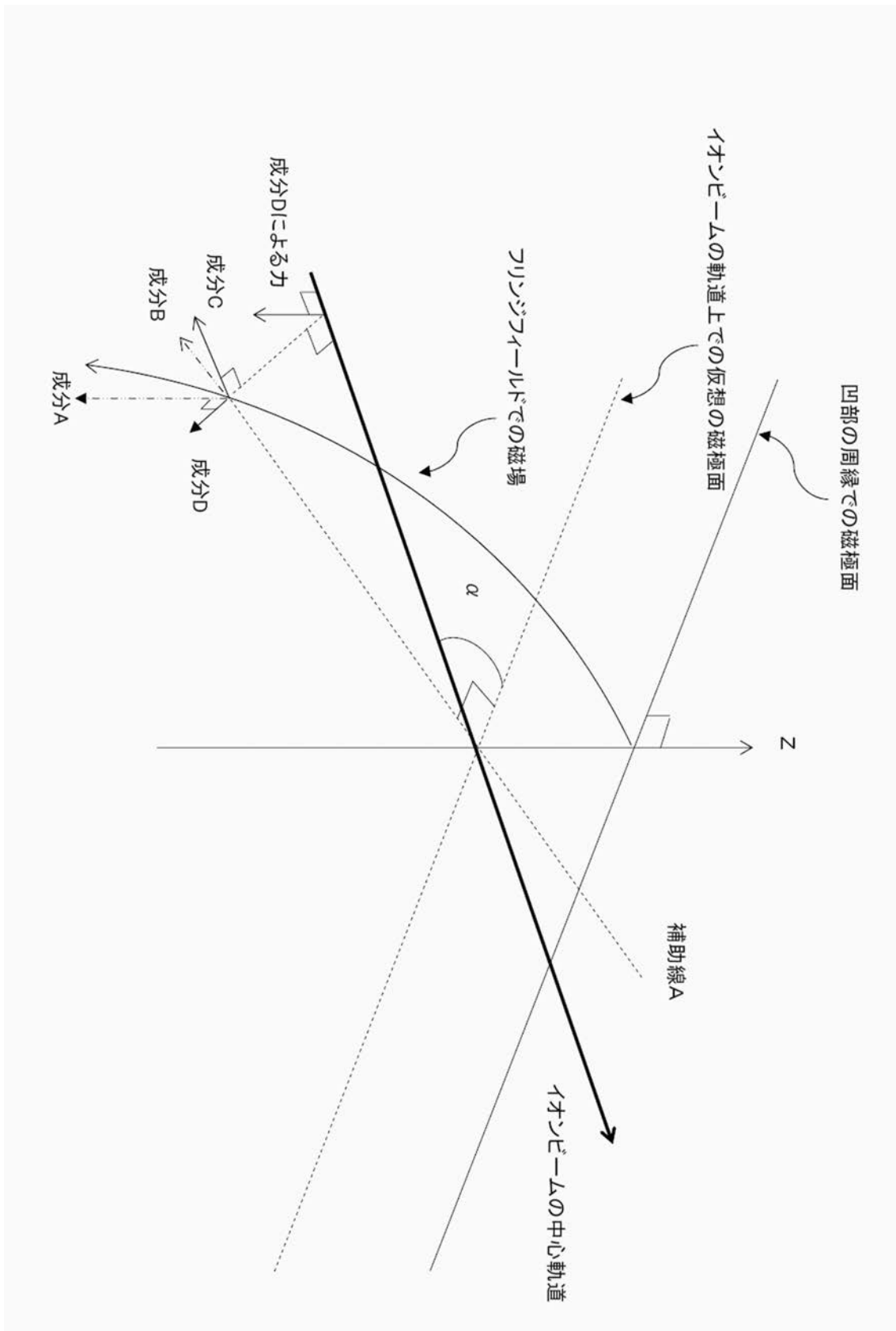
イオンビームの中心軌道



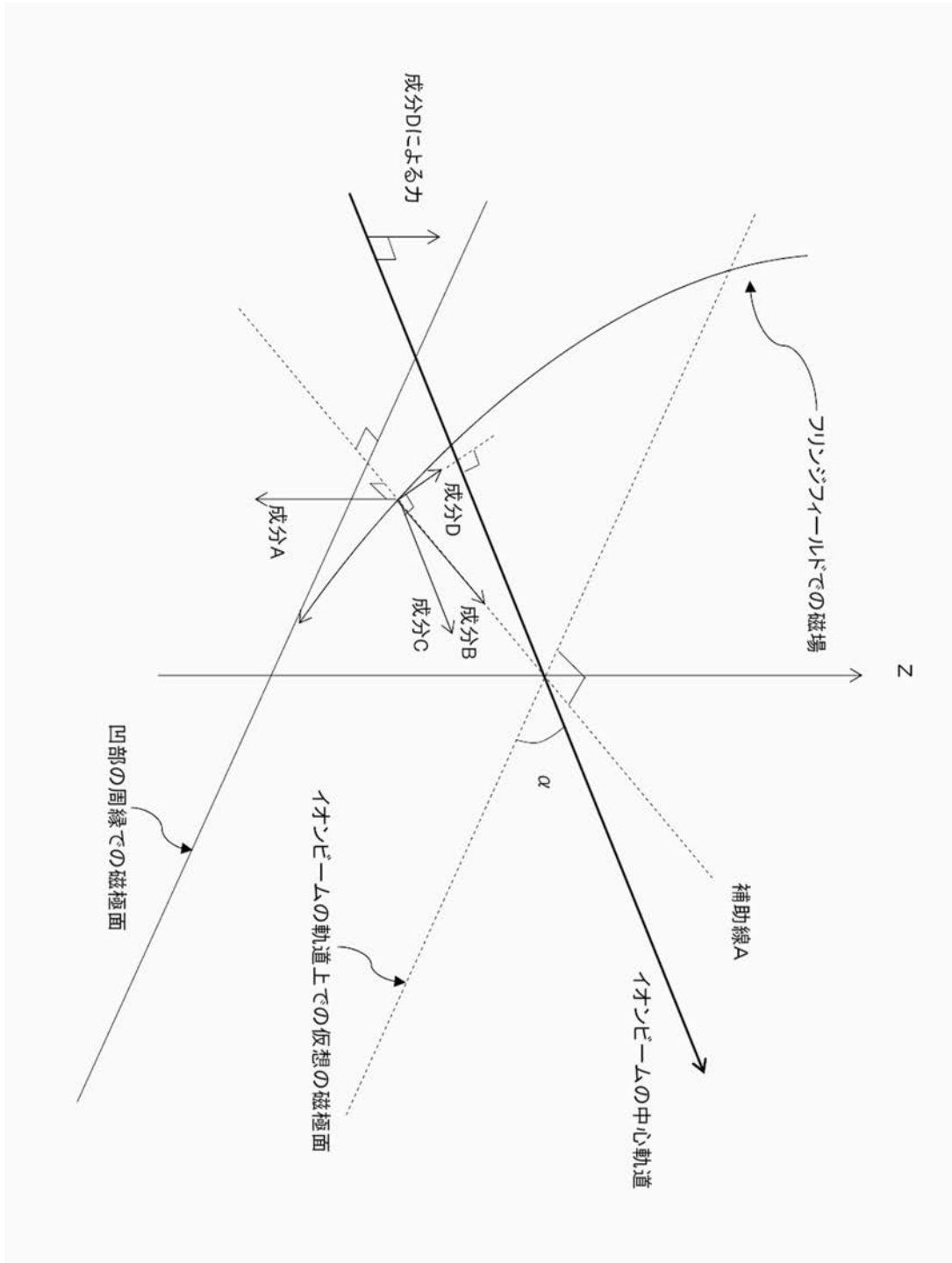
【図 9】



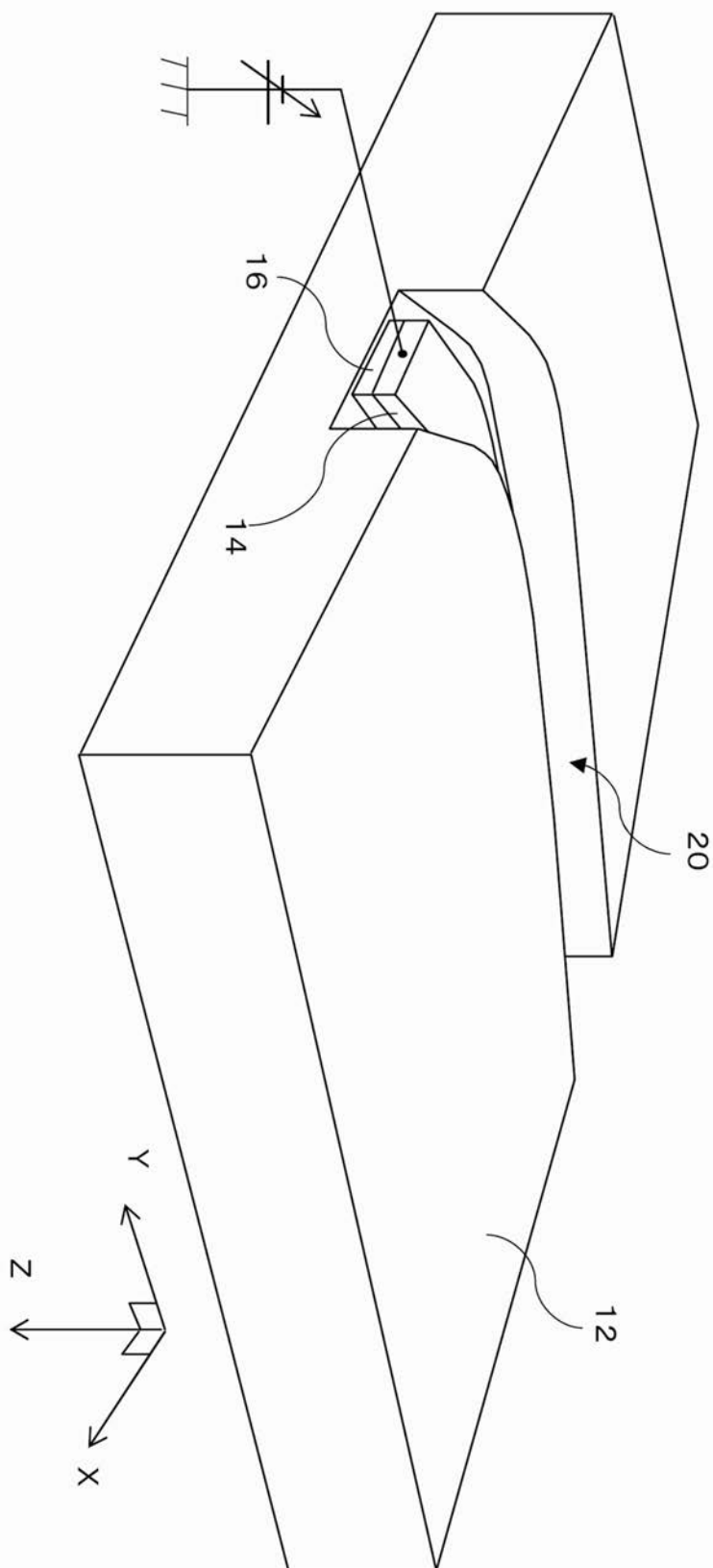
【図10】



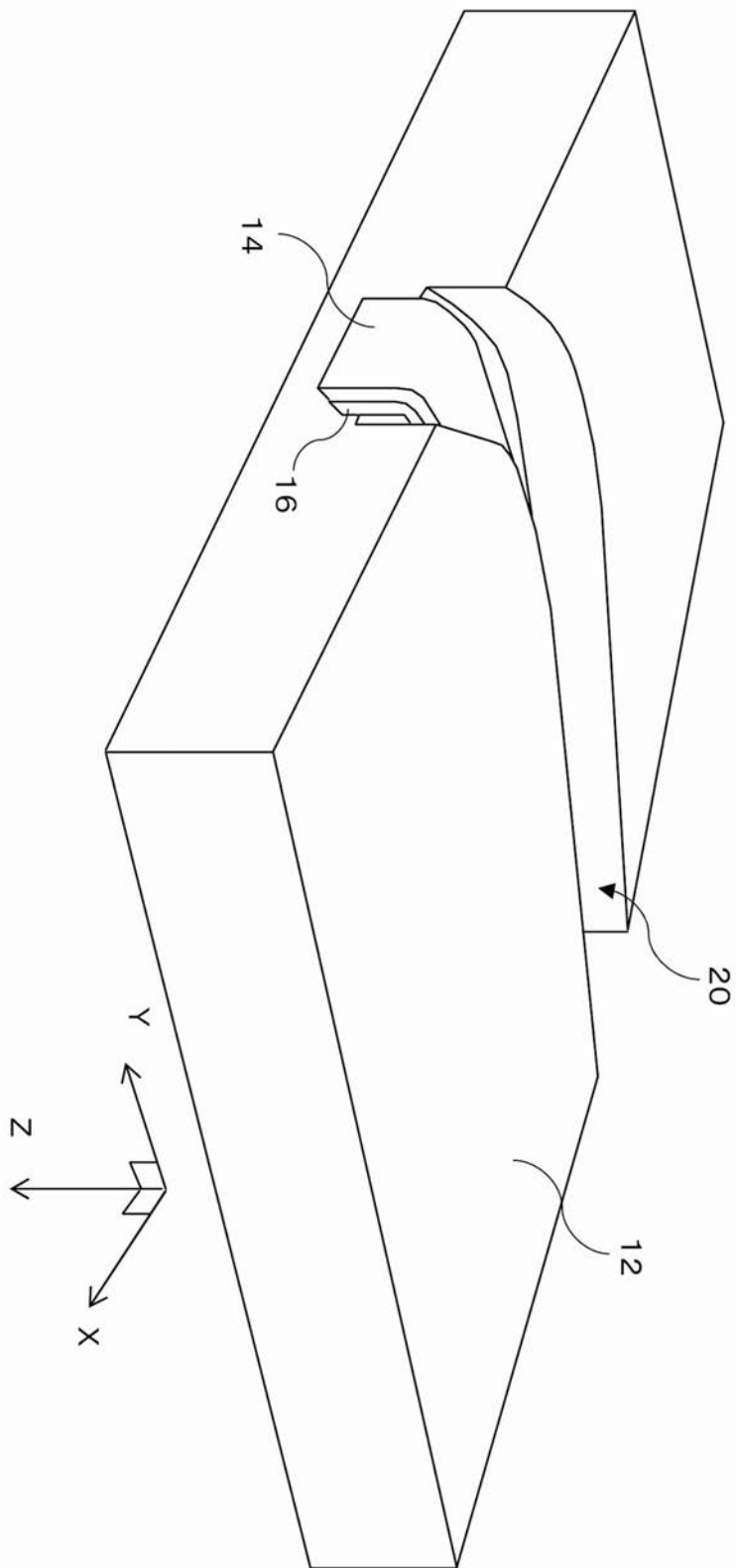
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-252697(JP,A)
特開2007-141545(JP,A)
特開平11-329321(JP,A)
特表2004-525480(JP,A)
特開2003-197144(JP,A)
特開2008-034360(JP,A)
特開平06-187901(JP,A)
特開2002-015695(JP,A)
特開平11-283551(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01J 37/00 - 37/36