

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-237694

(P2005-237694A)

(43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)

(51) Int. Cl.⁷

A61N 5/10

G21K 3/00

F I

A61N 5/10

A61N 5/10

G21K 3/00

G21K 3/00

G21K 3/00

テーマコード (参考)

4C082

審査請求 有 請求項の数 16 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2004-52203 (P2004-52203)

(22) 出願日 平成16年2月26日 (2004.2.26)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100077816

弁理士 春日 譲

(72) 発明者 柳澤 正樹

茨城県日立市幸町三丁目1番1号

株式会社日立製作所

原子力事業部内

Fターム(参考) 4C082 AA01 AC05 AE03 AG42 AG52

AT10

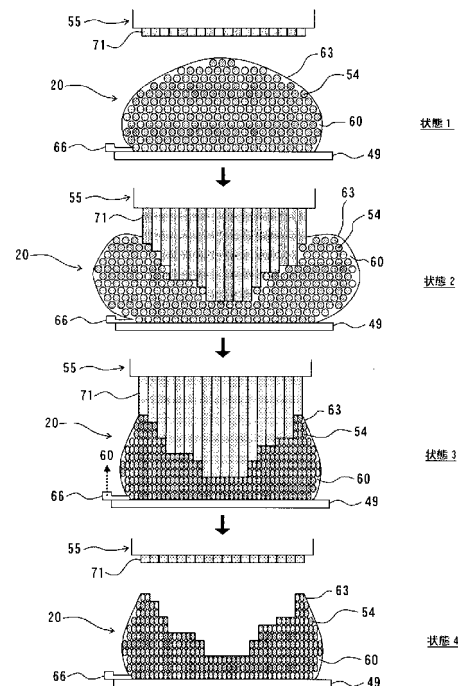
(54) 【発明の名称】 放射線治療用ボラスの製造方法及び製造装置

(57) 【要約】

【課題】放射性廃棄物を大幅に削減でき、且つ、セットアップ時間を短縮することができる放射線治療用ボラスの製造方法及び製造装置を提供する。

【解決手段】変形可能なビニール製カバー63を有するビニール製容器56内にポリエチレン球54及び空気60を封入した上で、そのビニール製容器56を鋳型装置55の押圧ピン71により外部から押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、押圧した状態で真空ポンプ65を用いてビニール製容器56内の空気60を排出し、排出後に電磁弁67を閉塞してビニール製容器56を成型された患部に対応した形状に固定し、ボラス20を構成する。

【選択図】 図11



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

変形可能な容器内に固体状物質及び流体状物質を封入し、
前記容器を外部より押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、
押圧した状態で前記容器に設けた出入孔から前記流体状物質を排出し、
前記出入孔を閉塞して前記容器の形状を前記成型された患部に対応した形状に固定することを特徴とする放射線治療用ボラスの製造方法。

【請求項 2】

変形可能なプラスチック製容器内に粒子状物質及び流体を封入し、
前記プラスチック製容器を外部より押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、
押圧した状態で前記プラスチック製容器に設けた出入孔から前記流体を排出し、
前記出入孔を閉塞して前記プラスチック製容器の形状を前記成型された患部に対応した形状に固定することを特徴とする放射線治療用ボラスの製造方法。 10

【請求項 3】

変形可能な容器内に第 1 の物質及び第 2 の物質を封入し、
前記容器を外部より押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、
押圧した状態で、前記容器から前記第 2 の物質を排出して前記容器の内部圧力を減圧し、
前記第 1 の物質間の摩擦を利用して前記第 1 の物質間の相対位置変動を抑制することにより、
前記容器の形状を前記成型された患部に対応した形状に固定することを特徴とする放射線治療用ボラスの製造方法。 20

【請求項 4】

前記容器を、治療対象の患部に対応した形状に固定した後に放射線進行位置に移動し、
使用後には成型を行う成型位置に移動することを特徴とする請求項 1 記載の放射線治療用ボラスの製造方法。

【請求項 5】

前記出入孔を開放して前記容器内に前記流体状物質を流入させることにより、前記容器形状の固定を解除することを特徴とする請求項 1 記載の放射線治療用ボラスの製造方法。

【請求項 6】

前記容器内に前記第 2 の物質を流入させて前記第 1 の物質間の摩擦を低減することにより、
前記容器形状の固定を解除することを特徴とする請求項 3 記載の放射線治療用ボラスの製造方法。 30

【請求項 7】

前記容器の押圧は、格子状に配列された多数の押圧ピンを有する成型装置が前記押圧ピンを前記容器に対しそれぞれ所定の距離押し込むことにより行われることを特徴とする請求項 6 記載の放射線治療用ボラスの製造方法。

【請求項 8】

前記成型装置による押圧ピンの押し込みは、治療対象である患者の治療計画情報を基に定められる患部形状情報に応じて行われることを特徴とする請求項 7 記載の放射線治療用ボラスの製造方法。 40

【請求項 9】

固体状物質及び流体状物質を封入した変形可能な容器と、
前記容器を外部より押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型する成型装置と、
前記流体状物質を前記容器に設けた出入孔から排出する排出装置と、
前記排出装置と前記出入孔とを接続する流路と、
前記流路に設けられ、前記流路を連通・遮断可能な弁装置と
を備えたことを特徴とする放射線治療用ボラスの製造装置。

【請求項 10】

前記容器を放射線進行位置に移動すると共に、使用後には前記成型装置で成型を行うための成型位置に移動する移動装置を備えたことを特徴とする請求項 9 記載の放射線治療用 50

ポーラスの製造装置。

【請求項 1 1】

前記成型装置は、格子状に配列され、前記容器に対して進退可能に支持された多数の押圧ピンを有していることを特徴とする請求項 1 0 記載の放射線治療用ポーラスの製造装置。

【請求項 1 2】

前記押圧ピンはこの押圧ピンを支持する支持部材が有するめねじ構造に螺合するおねじ構造を有しており、且つ、前記成型装置は前記押圧ピンを回転駆動させるためのモータを備えたことを特徴とする請求項 1 1 記載の放射線治療用ポーラスの製造装置。

【請求項 1 3】

前記成型装置は、前記モータを前記格子状に配列された押圧ピンのうちの所定の押圧ピンに対応する位置に移動させるモータ移動装置を備えたことを特徴とする請求項 1 2 記載の放射線治療用ポーラスの製造装置。

【請求項 1 4】

治療対象である患者の治療計画情報を基に定められる患部形状情報に応じ、前記モータ移動装置及び前記モータを制御する制御装置を備えたことを特徴とする請求項 1 3 記載の放射線治療用ポーラスの製造装置。

【請求項 1 5】

請求項 9 乃至請求項 1 4 のいずれかに記載の放射線治療用ポーラスの製造装置を備えたことを特徴とする放射線照射装置。

【請求項 1 6】

放射線を発生する放射線発生装置と、

請求項 9 乃至請求項 1 4 のいずれかに記載の放射線治療用ポーラスの製造装置を有し、前記放射線発生装置から放出された放射線を照射対象に照射する放射線照射装置とを備えたことを特徴とする放射線治療装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は荷電粒子線等の放射線を患部に照射して治療を行う放射線治療装置に用いられる放射線治療用ポーラスの製造方法及び製造装置に関わる。

【背景技術】

【0002】

がん治療等に利用される放射線治療装置では、従来、患部の深さ形状に放射線の飛程を合わせる飛程補償装置（ポーラス又はコンペンセータとも称される。以下、ポーラスと記載する。）として、樹脂材料や鉛等を切削したものを用いてきた。このポーラスは患部の形状毎、放射線の照射方向毎に用意する必要があり、一般に放射線治療では、患者毎に平均 3 個程度のポーラスが製作される。したがって、例えば年間 3 0 0 0 人の治療を行う施設では年間 9 0 0 0 個のポーラスの切削加工が必要となり、多大な時間、及びコストを必要としていた。

【0003】

このような背景から、型成形用フレーム内に格子状に配設された多数のピンを治療計画情報から決定される患部形状に基づき進退させて患部の底面に対応した形状の型を形成し、この型と型成形用フレームによって囲まれるスペース内に水性ゲル、寒天、シリコン等を注入して硬化させることによりポーラスを製造する方法が提唱されている（例えば、特許文献 1 参照。）。この従来技術によれば、ポーラス成形用型を簡易迅速に形成可能であり、ポーラスの製造に要する時間、コストの低減を図ることを可能としている。一方で、有底の中空容器の上部に積層造形法により患部の底面に対応した形状に形成された蓋を装着し、容器の内部空間に水等の液体を注入してポーラスを構成する方法が提唱されている（例えば、特許文献 2 参照。）。この従来技術によれば、有底の中空容器については再利用可能であり、容器の上部に装着する蓋部分のみ形成及び交換すればよいため、ポーラス

10

20

30

40

50

製造に要する時間、コストの低減を図ることを可能としている。

【0004】

【特許文献1】特公平6-34835号公報

【特許文献2】特開2001-346892号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記特許文献1記載の従来技術では使用後のボラスは放射性廃棄物となり、また上記特許文献2記載の従来技術では有底の中空容器については再利用可能なものの患部に対応した形状に形成された蓋部分については放射性廃棄物となるため、その廃棄物処理には多大な時間及びコストを必要とする。また、前述したように、標的（患者，患部）が変わる毎、照射方向が変わる毎に形状の異なるボラスが必要であり、上記従来技術ではその都度ボラスを交換する必要があることから、その交換作業に手間がかかり、放射線治療におけるセットアップ時間の遅延化の大きな要因となっていた。 10

【0006】

本発明の目的は、放射性廃棄物を大幅に削減でき、且つ、セットアップ時間を短縮することができる放射線治療用ボラスの製造方法及び製造装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記した目的を達成する本発明の特徴は、変形可能な容器内に固体状物質及び流体状物質を封入した上で、その容器を外部より押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、押圧した状態で容器に設けた出入孔から流体状物質を排出し、排出後に出入孔を閉塞して容器を成型された患部に対応した形状に固定することによって、放射線治療用ボラスを構成することにある。このようにして成型したボラスは、使用後には出入孔から容器内に流体状物質を流入させて容器形状の固定を解除し、再び上記手順を繰り返して別の形状に成型することが可能である。したがって、本発明によれば、容器やその内部に封入される固体状及び流体状物質の寿命の範囲内でボラス全体を繰り返し再利用することが可能であり、放射性廃棄物を大幅に削減することができる。また、本発明のボラス製造装置を照射装置内に設けることにより、患者や照射方向が変わる毎に必要なであったボラスの交換作業が不要となるので、照射のための機器セットアップ時間を短縮することができる。その結果、1治療室における単位時間当たりの治療人数を増加することができる。 20 30

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、放射性廃棄物を大幅に削減でき、且つ、セットアップ時間を短縮することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

本発明の好適な一実施形態である粒子線治療装置を、図1を用いて説明する。本実施形態の粒子線治療装置（放射線治療装置）1は、荷電粒子ビーム発生装置（放射線発生装置）2及び照射野形成装置15を備える。荷電粒子ビーム発生装置2は、イオン源（図示せず）、前段加速器3及びシンクロトロン4を有する。イオン源で発生したイオン（例えば、陽子イオン（または炭素イオン））は前段加速器（例えば直線加速器）3で加速される。前段加速器3から出射されたイオンビームはシンクロトロン4に入射される。このイオンビームは、シンクロトロン4で、高周波加速空洞5から印加される高周波電力によってエネルギーを与えられて加速される。シンクロトロン4内を周回するイオンビームのエネルギーが設定されたエネルギーまでに高められた後、出射用の高周波印加装置6から高周波がイオンビームに印加される。安定限界内で周回しているイオンビームは、この高周波の印加によって安定限界外に移行し、出射用デフレクタ13を通過してシンクロトロン4から出射される。イオンビームの出射の際には、シンクロトロン4に設けられた四極電磁石7及び偏向電磁石8等の電磁石に導かれる電流が設定値に保持され、安定限界もほぼ一定 40 50

に保持されている。高周波印加装置 6 への高周波電力の印加を停止することによって、シンクロトロン 4 からのイオンビームの出射が停止される。

【0010】

シンクロトロン 4 から出射されたイオンビームは、ビーム輸送系 9 を経て照射装置である照射野形成装置（放射線照射装置）15 に達する。ビーム輸送系 9 の一部である逆 U 字部 10 及び照射野形成装置 15 は、回転可能なガントリー（図示せず）に設置される。逆 U 字部 10 は偏向電磁石 11 を有する。イオンビームは、照射野形成装置 15 から治療台（ベッド）59 に乗っている患者 61 の患部 62（例えば癌や腫瘍の発生部位。図 2 参照。）に照射される。

【0011】

本実施形態に用いられる照射野形成装置 15 の詳細構成を図 2 に基づいて説明する。照射野形成装置 15 は、二重散乱体方式の照射野形成装置である。照射野形成装置 15 は、逆 U 字部 10 に取り付けられるケーシング 16 を有し、ケーシング 16 内に、イオンビーム進行方向（ビーム軸 m 方向）の上流側より順次、レンジモジュレーションホイール（以下、RMW という）装置 17，散乱体装置 18，飛程調整装置 19，ボラス 20、及びコリメータ 22 を配置する。

【0012】

RMW 装置 17 は、RMW 24，RMW 24 を回転駆動するモータ 25、及び RMW 24 とモータ 25 を支持する RMW 支持部材 26 を有する。RMW 24 の詳細構造を図 3 に示す。この図 3 に示すように、RMW 24 は、回転軸 27，回転軸 27 と同心円に配置された円筒部材 28、及び回転軸 27 に取り付けられ RMW 24 の半径方向に伸びた複数の翼（本実施形態では 3 枚、翼部）29 を有している。これらの翼 29 はその周方向における幅が径方向外側に行くほど広くなるように（すなわち円筒部材 28 側が回転軸 27 側よりも広くなるように）形成されており、径方向外側の端部は円筒部材 28 の内周面に取り付けられている。また、RMW 24 の周方向における翼 29，29 の間には、それぞれ開口 30 が形成されている。すなわち、1 つの RMW 24 には 3 枚の翼 29 の相互間に形成された開口 30 が 3 つ存在する。これら開口 30 も周方向における幅が径方向外側に行くほど広くなるように形成されている。

【0013】

上記各翼 29 は、RMW 24 の周方向において階段状に配置された複数の平面領域 31（すなわち平面領域 31 は、例えば階段において足を乗せる平面に相当する。）を有しており、ビーム進行方向における RMW 24 の底面から各平面領域 31 までの各厚みが異なっている（RMW 24 の底面から各平面領域 31 までのレベルが異なる）。ここでは、1 つの平面領域 31 の部分におけるその厚みを、平面領域部分の厚みという。すなわち、翼 29 は、周方向において翼 29 の両側に位置する開口 30 からビーム進行方向における最も厚みの厚い翼頂部 29A に位置する平面領域 31 に向かって各平面領域部分の厚みが増加するように形成されている。各平面領域 31 は回転軸 27 から円筒部材 28 に向かって延びており、その周方向における幅も径方向外側に行くほど広がっている。

【0014】

以上のような RMW 24 の構成により、RMW 24 を通過したイオンビームは、通過する平面領域部分の厚みに応じて複数のエネルギー成分を有し、SOBP が拡大されてビーム進行方向（すなわち患者 61 の患部 62 の深さ方向）における照射線量を一樣にする。

【0015】

図 2 に戻り、RMW 24 のビーム進行方向上流側（RMW 24 の底面側）には散乱補償体（散乱補償装置）34 が一体的に結合して設けられている。図 4 はこの散乱補償体 34 の概略構造を示す RMW 24 の翼 29 の断面図（図 3 中 IV-IV 断面に相当）である（なお、図 3 では散乱補償体 34 は図示省略している）。図 4 に示すように、散乱補償体 34 は翼 29 の平面領域部分の厚みに応じてビーム進行方向における厚さが段階的に変わるように形成されており、翼 29 の最も厚みの厚い翼頂部 29A に対応する領域では最も厚みが薄く（すなわち厚さ 0）、開口 30 の領域に対応する領域では最も厚みが厚くなっている

10

20

30

40

50

。この散乱補償体 3 4 は、比較的散乱強度の大きい（すなわち比較的比重の重い）材料によって構成されており、R M W 2 4 におけるイオンビームの散乱量を補償する機能を有する。すなわち、本実施形態のように、R M W 2 4 をビーム進行方向における上流側に配置した場合、R M W 2 4 のビーム進行方向における厚さ分布（平面領域部分の厚み）の違いによって生じるイオンビームの散乱量の差異により、照射目標でのビーム進行方向に直交する方向における線量分布の均一性が低下するが、上述したように散乱補償体 3 4 が R M W 2 4 の各平面領域部分の厚みの大小関係と反対の厚みを有する構成となっていることから、各平面領域部分におけるビームの散乱量が一様化され、上記不具合は解消される（実際には、下流側の散乱体装置 1 8、飛程調整装置 1 9 による散乱を考慮した上で、照射目標でのビーム進行方向に直交する方向における線量分布が均一となるように各平面領域部分における散乱量が調整される）。なお、本実施形態では、散乱補償体 3 4 と R M W 2 4 とがイオンビームのビームサイズを拡大する第 1 散乱体としての役目も果たしている。したがって、散乱補償体 3 4 及び R M W 2 4 を通過したイオンビームは、ブラッグピークを拡大されると共に、散乱によりビーム進行方向と直交する方向に広げられる。

【 0 0 1 6 】

図 2 に戻り、散乱補償体 3 4 及び R M W 2 4 は R M W 支持部材 2 6 によって回転可能に支持され、またこれら散乱補償体 3 4 及び R M W 2 4 を回転駆動するモータ 2 5 はその下方において同様に R M W 支持部材 2 6 によって支持される。この R M W 支持部材 2 6 はケーシング 1 6 に固定される。

【 0 0 1 7 】

散乱体装置 1 8 は、散乱体 1 8 A 及びこの散乱体 1 8 A をケーシング 1 6 から支持する支持部材 1 8 B を備えている。散乱体 1 8 A は、例えば散乱強度が異なる材料で構成された二重リング構造となっており、径方向内側ほど散乱強度が大きく、径方向外側ほど散乱強度が小さくなるように構成されている。すなわち、入射されるイオンビームの径方向内側部分については大きく散乱し、径方向外側部分については小さく散乱する。これにより、第 1 散乱体としての散乱補償体 3 4 及び R M W 2 4 によりビーム進行方向と直交する方向における線量分布が正規分布状となるように広げられたイオンビームを、その径方向内側部分については大きく散乱すると共に径方向外側部分については小さく散乱することにより、ビーム中央部付近（ビーム軸 m 付近）における線量分布を減少させ周縁部付近の線量を増大させて、ビーム進行方向と直交する方向における線量分布が一様となるように調整する。

【 0 0 1 8 】

飛程調整装置 1 9 はイオンビームの飛程を調整するものであり、図 5 にその構造を示す。この図 5 に示すように、圧縮空気シリンダ 4 6、及び圧縮空気シリンダ 4 6 内に設置されたピストン（図示せず）に連結されるピストンロッド 4 7 を有する複数の吸収体操作装置 4 5 を有する。これらの吸収体操作装置 4 5 は支持枠 4 4 に設置される。飛程調整装置 1 9 は、ビーム進行方向（ビーム軸 m 方向）における厚みが異なる吸収体 4 8 A ~ 4 8 F を有する。これらの吸収体は、個々の吸収体操作装置 4 5 に一個ずつ取り付けられる。各吸収体は、炭化水素等の原子番号の小さい物質を含む樹脂で構成される。電磁弁 5 2 を有する圧縮空気配管 5 1 が、各吸収体操作装置 4 5 の圧縮空気シリンダ 4 6 にそれぞれ接続される。各圧縮空気配管 5 1 は圧縮空気供給装置（図示せず）に接続される。また、飛程調整装置 1 9 の各吸収体操作装置 4 5 は、それぞれリミットスイッチを備える。吸収体操作装置 4 5 のリミットスイッチは、該当する吸収体が、その設定位置に達したことを検出する。なお、飛程調整装置として、対向して配置された 2 枚の楔板を有し、各楔板を移動させて重なり部の厚みを連続的に変化させる装置を用いてもよい。

【 0 0 1 9 】

図 2 に戻り、ボラス 2 0 は、治療患者 6 1 の患部 6 2 の最大深さに合わせてイオンビームの到達深度を調整するものであり、ビーム進行方向に直交する平面上の各位置における飛程を、照射目標である患部 6 2 の深さ形状に合わせて調整するものである。このボラス 2 0 は、照射野形成装置 1 5 内に設置されたボラス成型装置 2 1 によって成型され

る。図6は図2に示す照射野形成装置の先端（患者側端部）付近を拡大して示す図である。この図6に示すように、ボラス成型装置21は、ボラス20の成型を行う鋳型装置（成型装置）55、鋳型装置55で成型されたボラス20をビーム位置（図6に示すビーム軸m上の位置）に移動させると共に、使用後にはビーム位置から成型位置（後述の図8に示す位置）に移動させる移動装置57、及びボラス20内の減圧を行う圧力調整装置58から概略構成されている。

【0020】

ボラス20は、図7に示すように十分にたるみを有し自在に変形可能なビニール製カバー63と底板49とからなるビニール製容器（プラスチック製容器）56内に、空気（流体状物質；流体；第2の物質）60及び多数の微細なポリエチレン球（固体状物質；粒子状物質；第1の物質）54が封入された構成となっている。ビニール製カバー63の側面にはゴムネット50が巻き付けられており、鋳型装置55による成型が行われやすいように便宜が図られている。なお、ビニール製容器56内に封入する粒子状物質としては、上記ポリエチレン球54以外に、例えばポリウレタン、ポリスチロールにより構成した粒子を用いてもよい。すなわち、圧力を加えることで変形、或いは内包する流体量が変化する材料であればよい。また、粒子状物質は必ずしも球型である必要は無く、多角形状や繊維状であってもよい。要はビニール製容器56内が減圧されて粒子状物質同士が接触した際に、摩擦が発生するか、又は絡み合うことによって、変形しにくくなる材料であればよい。また、例えば小麦粉やグルテンの様な自然由来物質もポリエチレン球54の代わりに適用可能である。これら封入する材料の密度は水に近ければ好適である。また、ビニール製容器56に出し入れする流体として、空気60の代わりにその他の気体を用いてもよいし、水やアルコール等の液体を用いてもよい。また、ゲル状物質等の流体状物質でもよい。すなわち、ポリエチレン球54等の粒子状物質を溶解せず、且つそれら粒子状物質間に入り込むことで粒子状物質間の摩擦を調整（低減）することが可能であればよい。なお、底板49は例えばアクリルプレート等、イオンビームが透過した際に散乱が小さい物質で構成されており、この底板49とビニール製カバー63とは接着剤等により一体的に固定されている。また、本実施形態ではカバー63としてビニール製カバーを用いているが、これに限定するものではなく、例えばポリイミド、ポリウレタン製等のカバーを用いてもよい。すなわち、変形可能なプラスチック製カバーであればよい。

【0021】

ビニール製容器56には出入孔64が設けられる。圧力調整装置58は、この出入孔64を介してビニール製容器56内の空気60の排出を行う真空ポンプ（排出装置）65、この真空ポンプ65と出入孔64とを接続するチューブ（流路）66、このチューブ66に設けられチューブ66を連通・遮断可能な電磁弁（弁装置）67、チューブ66に設けられ空気60は通すがポリエチレン球54は通さないフィルタ68、及びタンク69を備えている。なお、チューブ66は例えばビニール製の十分な長さを有する柔軟なチューブであり、移動装置57によるボラス20の移動に従って出入孔64と真空ポンプ65とを接続可能としている。

【0022】

図8はボラス成型装置21の鋳型装置55の詳細構造を示す図である。なお、この図8では煩雑防止のため押圧ピン71を6本のみしか図示していないが、実際には例えば照射野径を20cm×20cm、押圧ピンの配列を1cm毎とした場合には400本の押圧ピン71が設けられる。また、この図8において、移動装置57によるボラス20の移動方向（図8及び図6中左右方向）をX軸方向、ビーム進行方向（図8中上下方向）をZ軸方向、これらX軸及びZ軸のそれぞれに直角な方向（図8中紙面に垂直な方向）をY軸方向とする。

【0023】

この図8に示すように、鋳型装置55は多数の格子状に配列された押圧ピン71と、片持ちフレーム72上に設けられ各押圧ピン71に対応する位置にピン孔73をそれぞれ有する支持部材74とを有しており、押圧ピン71が外周面に有するおねじ構造とピン孔7

10

20

30

40

50

3が内周面に有するめねじ構造とは螺合している。すなわち、押圧ピン71を軸回りに回転させることにより押圧ピン71をZ軸方向に進退可能な構成となっており、押圧ピン71の回転量を調節することでボラス20方向への押し込み量を調節可能とする。

【0024】

これら押圧ピン71の上部には、押圧ピン71の上端部にリンク部76を当接させて押圧ピン71を回転駆動させる回転サーボモータ(モータ)77と、この回転サーボモータ77をX・Y・Z方向にそれぞれ移動させるX・Y・Z軸移動機構(モータ移動装置)78A, 78B, 78Cが配置される。Z軸移動機構78Cは、回転サーボモータ77を支持する支持部材80, この支持部材80に設けられネジ孔(図示せず)を有する支持部材81, この支持部材81のネジ孔と螺合するボールネジ82, このボールネジ82の両端部を回転可能に支持する支持部材83, この支持部材83に取り付けられ、ボールネジ82を回転駆動するZ軸サーボモータ84、及びボールネジ82の一方側端部に連結されたエンコーダ85を有している。さらに、このZ軸移動機構78Cは、支持部材83を支持する支持部材87, この支持部材87に設けられネジ孔(図示せず)を有する支持部材88, この支持部材88のネジ孔と螺合するボールネジ89, このボールネジ89の両端部を回転可能に支持する支持部材90, この支持部材90に取り付けられ、ボールネジ89を回転駆動するX軸サーボモータ91、及びボールネジ89の一方側端部に連結されたエンコーダ92を有するX軸移動機構によって支持されている。さらにまた、このX軸移動機構78Aは、支持部材90を支持する支持部材94, この支持部材94に設けられネジ孔(図示せず)を有する支持部材95, この支持部材95のネジ孔と螺合するボールネジ96, このボールネジ96の両端部を回転可能に支持し、立設フレーム97に取り付けられた支持部材98, この支持部材98に取り付けられ、ボールネジ96を回転駆動するY軸サーボモータ99, 支持部材94の姿勢を立設フレーム97と略平行に保つための車輪機構100、及びボールネジ96の一方側端部に連結されたエンコーダ(図示せず)を有するY軸移動機構によって支持されている。なお、上記サーボモータ77, 84, 91, 99は交流サーボモータでも、直流サーボモータでも、又はステップモータでもよい。また、X・Y・Z軸移動機構78A, 78B, 78Cは上記したボールネジ機構に限らず、例えばラックピニオン機構であってもよい。

【0025】

図6に戻り、移動装置57は、ケーシング16に設置された圧縮空気シリンダ102、及び圧縮空気シリンダ102内に設置されたピストン(図示せず)に連結されるピストンロッド103を有する。このピストンロッド103の先端にはボラス20(ビニール製容器56)の底板49が固定される。圧縮空気シリンダ102のロッド側及びボトム側には、それぞれ電磁弁(図示せず)を有する圧縮空気配管(図示せず)が接続され、この圧縮空気配管は圧縮空気供給装置(図示せず)に接続される。すなわち、ボトム側の電磁弁が開いた場合には圧縮空気シリンダ102のボトム側空気室(図示せず)に圧縮空気が供給され、シリンダは伸長する。一方、ロッド側の電磁弁が開いた場合には圧縮空気シリンダ102のロッド側空気室(図示せず)に圧縮空気が供給され、シリンダは縮短する。また、移動装置57はリミットスイッチを備えており、このリミットスイッチは、ボラス20が設定位置(すなわち成型位置及びビーム位置)に達したことを検出する。なお、圧縮空気シリンダ102の代わりにモータを用いて移動装置57を構成してもよい。

【0026】

図2に戻り、コリメータ22は、イオンビームをビーム進行方向と直交する平面方向に整形して照射野を患者61の患部62の形状に合わせてコリメートするためのものである。

【0027】

本実施形態の粒子線治療装置は、照射制御装置(制御装置)105及び駆動制御装置106, 107を含む制御システム35を備える。治療計画装置36は、治療する患者61に対する治療計画情報(照射野サイズ, 照射方向, 飛程, 入射エネルギー、及び予めX線CTで撮像した患部62を含む断層画像等)を記憶している。照射制御装置105は、治

10

20

30

40

50

療計画装置 36 から取り込んだ治療計画情報に基づき、散乱補償体 34 及び R M W 24 の種類、散乱体 18 A の種類、飛程調整装置 19 におけるイオンビームが通過する吸収体の厚さ（飛程調整装置厚さ）、及びボラス形状情報等の照射条件情報を選択、作成し、メモリ 109 に記憶する。治療計画情報である飛程及び入射エネルギー等の各情報と、照射条件情報である散乱補償体 34 及び R M W 24 の種類、散乱体 18 A の種類、及び飛程調整装置厚さ等との関係は、予め、計算あるいは実験により求めておく。なお、照射制御装置 105、駆動制御装置 106、107、及びメモリ 109 を個々に設けずに、制御システム 35 が照射制御装置 105、駆動制御装置 106、107、及びメモリ 109 の各機能を発揮するように構成してもよい。

【0028】

散乱補償体 34 及び R M W 24、散乱体 18 A は複数種類準備されており、照射制御装置 105 によって治療計画情報に基づいて散乱補償体 34 及び R M W 24、散乱体 18 A が選定されると、例えばオペレータによって R M W 支持部材 26 及び支持部材 18 B に予め取り付けられる。

【0029】

照射制御装置 105 は、治療計画情報に基づき選定した飛程調整装置厚み情報を、駆動制御装置 106 に対して、駆動指令信号と共に出力する。駆動制御装置 106 は、選定された吸収体の厚み情報に基づいて、その厚みになる吸収体（一枚または複数枚）を飛程調整装置 19 内の吸収体 48 A ~ 48 F の中から選定する。例えば、吸収体 48 E の厚みが吸収体厚み情報と一致した場合には吸収体 48 E が選定される。駆動制御装置 106 は、吸収体 48 E を操作するそれぞれの吸収体操作装置 45 に接続された各圧縮空気配管 51 の電磁弁 52 を開く。該当する吸収体操作装置 45 のシリンダ 46 内に圧縮空気が供給され、吸収体 48 E はピストンロッド 47 の移動により上記設定位置まで押し出される。残りの吸収体はイオンビームの通過位置から離れた場所に位置している。該当する吸収体が設定位置に達したとき、該当する各リミットスイッチの作動によって発生する各位置信号が駆動制御装置 106 に伝えられる。駆動制御装置 106 は、照射制御装置 105 に対して吸収体の移動完了情報を出力する。

【0030】

また、照射制御装置 105 は、治療計画情報である断層画像情報からボラス 20 の形状情報を作成し、このボラス形状情報を駆動指令信号と共に駆動制御装置 107 に出力してボラス成型装置 21 を制御する。この照射制御装置 105 によるボラス形状情報の作成手順について、図 9 を用いて説明する。

【0031】

図 9 において、オペレータは画像表示装置 111 を見ながら操作入力装置 112 を操作する。操作入力装置 112 からの操作入力は操作判定部 115 で判定される。オペレータは患部領域を特定するために、X 線 C T で撮像した患部を含む断層画像を画像表示装置 111 に表示する。この断層画像は予め撮像されて治療計画装置 36 に格納されている。断層画像（2 次元）は患部の大きさにもよるが、通常 40 枚程度で、予め位置座標が付されている。

【0032】

オペレータが操作入力装置 112 から断層画像表示の操作入力を与えると、操作判定部 115 が画像データ取込部 117 に画像取込み指令を与える。画像データ取込部 117 は、治療計画装置 36 から複数枚で構成される治療対象である患者 61 の X 線 C T の断層画像データを取込み、患部領域設定部 116 に送信する。

【0033】

患部領域設定部 116 に入力された断層画像データは 1 枚ごとに表示制御部 114 によって画像表示装置 111 に表示される。オペレータは画像表示装置 111 に表示された断層画像に操作入力装置 112 から治療する患部領域、患者体表などを設定入力すると共にイオンビームの照射方向を決定して入力する。

【0034】

10

20

30

40

50

患部領域設定部 116 において患部領域、患者体表、照射方向などの情報を付加された全ての断層画像データは、3次元データ作成部 118 に与えられる。3次元データ作成部 118 は入力した断層画像データに基づき人体の立体画像（3次元画像）を作成し、メモリ 109 に格納する。

【0035】

座標変換部 120 は操作入力装置 112 からの操作指令により、メモリ 109 から3次元画像データを取込み、照射方向から見た患部 62 の深さ方向の断面の外形2次元画像データを作成する。

【0036】

水等価厚計算部 121 は患部 62 の最深部までの水等価厚（体表面からの距離）を以下のようにして計算する。このことを図 10 を用いて説明する。 10

図 10 において、イオンビームの入射エネルギー、照射野径等から計算できる仮想的な粒子線源 37 から患部 62 へ向け放射状に複数の直線 38 を引き仮想的なイオンビーム通路とする。水等価厚計算部 121 は、イオンビームの各通路 38 に沿って体表 39 から患部 62 の深部末端（底面位置）までの点線で示す水等価厚 41 を X 線 CT により測定された CT 値（位置座標値）により計算する。図 10 において点線で示した長さが計算された水等価厚に当たる。

【0037】

図 9 に戻り、最大水等価厚探索部 122 は、水等価厚計算部 121 において計算された水等価厚の中で最大となる長さ、すなわち最大水等価厚 42 を探索する。ボーラス水等価厚計算部 123 は、患部 62 の底面位置の各点（XY 座標で表される）における水等価厚と最大水等価厚 42 との差 43 を計算する。この差 43 に、最大水等価厚 42 及びイオンビームの入射エネルギー等から算出したボーラス 20 の最小水等価厚 70 を加えることにより、各底面位置（XY 座標）におけるボーラス 20 の水等価厚（Z 座標で表される）を算出する。 20

【0038】

ボーラス形状データ作成部 124 は、X, Y, Z 座標で表されるボーラス 20 の各位置での水等価厚に基づき、X, Y, Z 軸サーボモータ 91, 99, 84 及び回転サーボモータ 77 の駆動量（回転量）を算出する。すなわち、各底面位置（XY 座標）まで回転サーボモータ 77 を移動するための X, Y, Z 軸サーボモータ 91, 99, 84 の駆動量と、その位置におけるボーラス 20 の水等価厚（Z 座標）を実現するための回転サーボモータ 77 の駆動量（押圧ピン 71 の押し込み量及びねじのピッチより算出される）を算出する。このようにして、ボーラス 20 の形状情報が作成される。 30

【0039】

照射制御装置 105 は、以上のようにして作成したボーラス形状情報を駆動制御装置 107（正確にはモータ駆動制御部 125（後述））に出力する。駆動制御装置 107 は、ボーラス成型装置 21 の X, Y, Z 軸サーボモータ 91, 99, 84 及び回転サーボモータ 77 の駆動制御を行うモータ駆動制御部（制御装置）125、真空ポンプ 65 及び電磁弁 67 の駆動制御を行うポンプ・弁駆動制御部 126、及び圧縮空気シリンダ 102 の駆動制御を行うシリンダ駆動制御部 127 を有している。このような構成の駆動制御部 107 による駆動制御によって、ボーラス成型装置 21 はボーラス 20 の成型を行う。以下、このボーラス 20 の成型手順について、図 11 を用いて説明する。 40

【0040】

照射制御装置 105 が駆動制御装置 107 のシリンダ駆動制御部 127 に対してボーラス 20 を成型位置に移動する駆動指令を出力すると、シリンダ駆動制御部 127 は移動装置 57 の圧縮空気シリンダ 102 のロッド側に接続される圧縮空気配管の電磁弁を開く。これにより、シリンダ 102 のロッド側空気室へ圧縮空気が供給され、シリンダ 102 が縮短する。圧縮空気シリンダ 102 が成型位置に達したとき、リミットスイッチの作動によって発生する位置信号がシリンダ駆動制御部 127 に伝えられる。シリンダ駆動制御部 127 は、照射制御装置 105 に対してボーラス 20 の成型位置への移動完了情報を出力 50

する。さらに、照射制御装置 105 がポンプ・弁駆動制御部 126 に対してボラス 20 の減圧を解除する駆動指令を出力すると、ポンプ・弁駆動制御部 126 は圧力調整装置 58 の電磁弁 67 を開く。これにより、ボラス 20 (ビニール製容器 56) 内に空気 60 が流入し、ポリエチレン球 54 同士の摩擦が減少してポリエチレン球 54 同士の相対位置変動が許容される状態 (言い換えれば、ポリエチレン球 54 がビニール製容器 56 内を自由に移動可能な状態) となる (状態 1)。

【0041】

次に、照射制御装置 105 がモータ駆動制御部 125 に対して駆動指令と共にボラス形状情報を出力すると、モータ駆動制御部 125 は入力されたボラス形状情報に基づき 10
鋳型装置 55 の各モータ (回転サーボモータ 77, X 軸サーボモータ 91, Y 軸サーボモータ 99、及び Z 軸サーボモータ 84) を駆動する。これにより、回転サーボモータ 77 は各 X Y 座標に移動され、その座標において押圧ピン 71 を所定の量回転駆動してボラス 20 を当該 X Y 座標における Z 座標となるように押し込む。同様にして、全ての X Y 座標における押圧ピン 71 の回転駆動 (押し込み) を行い、ボラス 20 を押圧する。なお、このときの回転サーボモータ 77 の移動量は、各移動機構 (X 軸移動機構 78A, Y 軸移動機構 78B、及び Z 軸移動機構 78C) に設けたエンコーダ 85, 92 からの検出信号により、モータ駆動制御部 125 及び照射制御装置 105 にフィードバックされる。またこのとき、前述したようにビニール製容器 56 のビニール製カバー 63 の側面にはゴム 20
ネット 50 (図 11 では図示省略) が巻き付けられているため、ビニール製容器 56 内の圧力が増幅され、ビニール製カバー 63 の上面は押圧ピン 71 に密着する。回転サーボモータ 77 による全押圧ピン 71 の回転駆動 (押し込み) が終了したら、押圧完了信号がモータ駆動制御部 125 に伝えられる。モータ駆動制御部 125 は、照射制御装置 105 に対してボラス 20 の押圧完了情報を出力する (状態 2)。

【0042】

押圧完了情報を入力された照射制御装置 105 は、ポンプ・弁駆動制御部 126 に対してボラス 20 の減圧を開始する駆動指令を出力する。これにより、ポンプ・弁駆動制御部 126 は真空ポンプ 65 を起動すると共にチューブ 66 の電磁弁 67 を開き、ボラス 20 内の空気 60 を排出する。なおこのとき、ポリエチレン球 54 はフィルタ 68 によって堰き止められるため、タンク 60 側には排出されないようになっている。そして、例えばチューブ 66 の電磁弁 67 よりボラス 20 側に設けられた図示しない圧力計により、 30
ボラス 20 のビニール製容器 56 内の圧力が所定の圧力まで減圧されたことが検出されると、圧力計の検出信号がポンプ・弁駆動制御装置 126 に伝えられ、減圧完了情報として照射制御装置 105 に出力される。これにより、照射制御装置 105 がポンプ・弁駆動制御部 126 に対してボラス 20 の減圧を停止する駆動指令を出力すると、ポンプ・弁駆動制御部 126 は真空ポンプ 65 を停止すると共に電磁弁 67 を閉じる。真空ポンプ 65 が停止するとポンプ停止により発生する停止信号がポンプ・弁駆動制御部 126 に伝えられる。ポンプ・弁駆動制御部 126 は、照射制御装置 105 に対してボラス 20 の成型完了情報を出力する (状態 3)。

【0043】

成型完了情報を入力された照射制御装置 105 は、モータ駆動制御部 125 に対してボラス 20 への押圧を解除する駆動指令を出力する。これにより、モータ駆動制御部 125 は鋳型装置 55 の各モータ (回転サーボモータ 77, X 軸サーボモータ 91, Y 軸サーボモータ 99、及び Z 軸サーボモータ 84) を駆動し、回転サーボモータ 77 を各 X Y 座標に移動して、その座標における押圧ピン 71 を押し込むときと反対方向に回転駆動して引き上げる。このとき、ボラス 20 のビニール製カバー 63 内は減圧されておりポリエチレン球 54 同士の摩擦が増大して相対位置変動が抑制された状態となっているため、押圧ピン 71 が引き上げられても、ボラス 20 は押圧された形状に固定されたままとなる。同様にして、全ての X Y 座標における押圧ピン 71 の引き上げを終了したら、押圧解除完了信号がモータ駆動制御部 125 に伝えられる。モータ駆動制御部 125 は、照射制御装置 105 に対してボラス 20 の押圧解除情報を出力する (状態 4)。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

なお、ここではボラス 20 への押圧の解除を回転サーボモータ 77 を用いて押圧ピン 1 本 1 本に対して行うようにしたが、例えば別に Z 軸方向の駆動機構を設けて鋳型装置 55 全体をボラス 20 より離れる方向に移動させることにより、1 度に押圧解除を行うようにしてもよい。

【 0 0 4 5 】

押圧解除情報を入力された照射制御装置 105 が、駆動制御装置 107 のシリンダ駆動制御部 127 に対してボラス 20 をビーム位置に移動する駆動指令を出力すると、シリンダ駆動制御部 127 は移動装置 57 の圧縮空気シリンダ 102 のボトム側に接続される圧縮空気配管の電磁弁を開く。これにより、シリンダ 102 のボトム側空気室へ圧縮空気が供給され、シリンダ 102 が伸長する。圧縮空気シリンダ 102 が伸長してボラス 20 がビーム位置に達すると、リミットスイッチの作動によって発生する位置信号がシリンダ駆動制御部 127 に伝えられる。シリンダ駆動制御部 127 は、照射制御装置 105 に対してボラス 20 のビーム位置への移動完了情報を出力する。

10

【 0 0 4 6 】

以上の準備が完了した後、治療台 59 を移動して患者 61 の患部 62 の中心を照射野形成装置 15 のアイソセンタと一致させ、治療開始となる。オペレータは、操作盤（図示せず）から治療開始信号を入力する。その治療開始信号を取り込んだ加速器制御装置（図示せず）の作用によって、所望のエネルギーにまで加速されたイオンビームがシンクロトロン 4 から出射される。

20

【 0 0 4 7 】

イオンビームは、照射野形成装置 15 に達し、照射野形成装置 15 内でビーム軸 m に沿って進行する。すなわち、散乱補償体 34 及び R M W 24 でビーム進行方向における放射線量の分布の平坦化が図られる（S O B P が拡大される）と共に、これら散乱補償体 34 及び R M W 24 の第 1 散乱体としての機能によりビーム進行方向と直交する方向に対して円錐状に拡大される。その後、散乱体装置 18 の散乱体 18 A を通過してビーム進行方向に直交する方向における線量分布を平坦化され、飛程調整装置 19 の各吸収体を通過してエネルギーを減少されて、イオンビームの体内における飛程が調整される。飛程調整装置 19 を通過したイオンビームはボラス成型装置 21 で成型されたボラス 20 を通過し、その飛程をビーム進行方向における患部 62 の形状に合わせて調整される。その後、イオンビームは、コリメータ 22 を通過することによりビーム進行方向に直交する方向におけるビーム形状が患部 62 の形状となるようにコリメートされ、治療する患部領域に集中した高線量領域を形成しつつ、患部 62 に照射される。

30

【 0 0 4 8 】

以上のような構成である本実施形態によれば、以下のような作用が得られる。すなわち、本実施形態においては、変形可能なビニール製カバー 63 を有するビニール製容器 56 内にポリエチレン球 54 及び空気 60 を封入した上で、ビニール製カバー 63 を鋳型装置 55 の押圧ピン 71 により外部から押圧して治療対象の患部に対応した形状に成型し、押圧した状態で真空ポンプ 65 を用いてビニール製容器 56 内の空気 60 を排出し、排出後に電磁弁 67 を閉塞してビニール製容器 56 を成型された患部に対応した形状に固定し、ボラス 20 を構成する。使用後には、電磁弁 67 を開いてビニール製容器 56 内に空気を流入させ、容器形状の固定を解除し、再び上記手順を繰り返して別の形状に成型することが可能である。すなわち、従来、患者や患部、又は照射方向が変わる毎にボラスを交換し、使用後のボラスについてはその全部又は一部が放射性廃棄物となっていたのに対し、本実施形態によれば、上記手順によってビニール製容器 56 及びポリエチレン球 54 の寿命の範囲内でボラス 20 全体を繰り返し再利用することが可能であるので、放射性廃棄物を大幅に削減することができる。

40

【 0 0 4 9 】

また、本実施形態のようにボラス成型装置 21 を照射野形成装置 15 内に設けることにより、機器のセットアップの際に行っていたボラスの交換作業が不要となる。これに

50

より、放射線治療における機器セットアップ時間を短縮することができる。その結果、1治療室における単位時間当たり（例えば1年）の治療人数を増加することができる。

【0050】

なお、以上説明してきた実施形態では、X・Y・Z軸移動機構78A, 78B, 78Cを用いて1台の回転サーボモータ77を移動させつつ各押圧ピン71を上下動させるようにしたが、これに限らない。すなわち、複数台（例えば矩形状に4台）の回転サーボモータ77を設置し、これらをX・Y・Z軸移動機構78A, 78B, 78Cを用いて移動させつつ一度に複数本（上記の例では4本）の押圧ピン71を回転駆動させるようにしてもよい。これにより、押圧ピン71の押し込み及び引き上げに要する時間が短縮され、さらなるセットアップ時間の短縮を図ることができる。また、さらに回転サーボモータ77の台数を増やし、鑄型装置55の全面の押圧ピン71について一度に回転駆動するようにしてもよい。これにより、さらなるセットアップ時間の短縮を図ることが可能である。

10

【0051】

また、上記実施形態では、ポーラス成型装置21を照射野形成装置15の内部に設置したが、これに限らず、照射野形成装置15の外部にポーラス成型装置単体として設けてもよい。その際、例えばベッド59が設置される治療室（図示せず）内に設け、治療している横でポーラスを成型するようにしてもよいし、また別にポーラス成型室を設けるようにしてもよい。この場合には、ポーラスの交換作業が必要となるので、上記実施形態に比べセットアップ時間の短縮効果はやや劣るものの、放射性廃棄物を大幅に削減できる点については同様の効果を得ることができ、さらにポーラス20の移動装置57を不要とすることができ。

20

【0052】

またさらに、上記実施形態では、本発明を荷電粒子線を照射して治療を行う粒子線治療装置に適用した場合について説明したが、これに限らず、X線、γ線等の他の放射線を用いて治療を行う放射線治療装置にも適用可能である。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明の好適な一実施形態である粒子線治療装置の構成図である。

【図2】図1の照射野形成装置の縦断面図である。

【図3】RMWの構造を示す斜視図である。

30

【図4】図3のIV-IV断面における断面図である。

【図5】図2の飛程調整装置の縦断面図である。

【図6】図2に示す照射野形成装置の先端部分の拡大図である。

【図7】ポーラスの内部構成及び圧力調整装置の構成を表す図である。

【図8】図2のポーラス成型装置の要部構成を表す側面図である。

【図9】図2の照射制御装置の機能のうち、ポーラス形状情報の作成に係わる機能を示す機能ブロック図である。

【図10】ポーラス形状情報の作成方法を説明するための図である。

【図11】ポーラスの成型手順を示す図である。

【符号の説明】

40

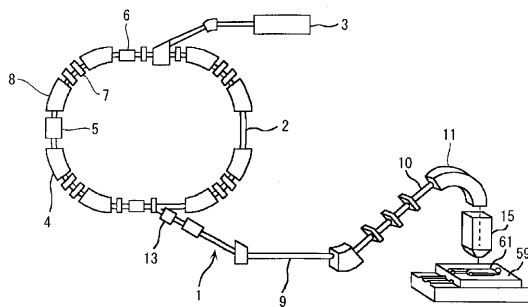
【0054】

- 1 粒子線治療装置（放射線治療装置）
- 2 荷電粒子ビーム発生装置（放射線発生装置）
- 15 照射野形成装置（放射線照射装置）
- 54 ポリエチレン球（固体状物質；粒子状物質；第1の物質）
- 55 鑄型装置（成型装置）
- 56 ビニール製容器（プラスチック製容器）
- 57 移動装置
- 60 空気（流体状物質；流体；第2の物質）
- 64 出入孔

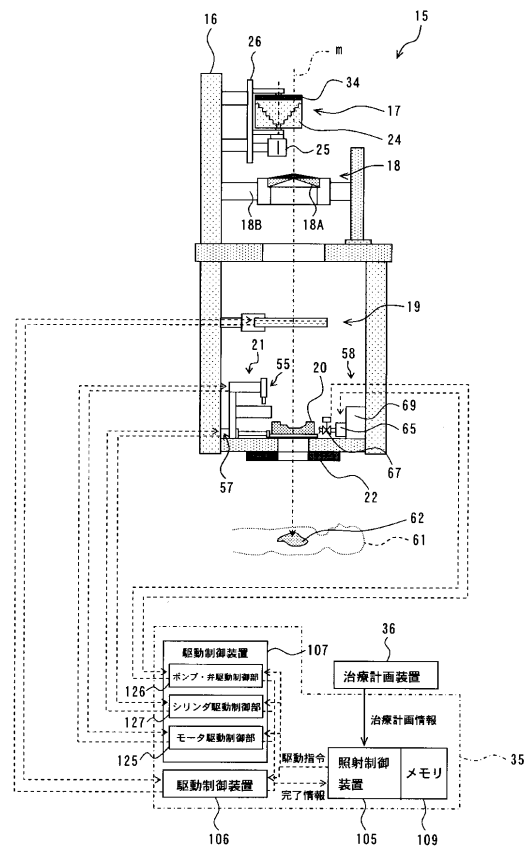
50

- 6 5 真空ポンプ（排出装置）
 6 6 チューブ（流路）
 6 7 電磁弁（弁装置）
 7 1 押圧ピン
 7 4 支持部材
 7 7 回転サーボモータ（モータ）
 7 8 A , 7 8 B , 7 8 C X・Y・Z軸移動機構（モータ移動装置）
 1 2 5 モータ駆動制御部（制御装置）

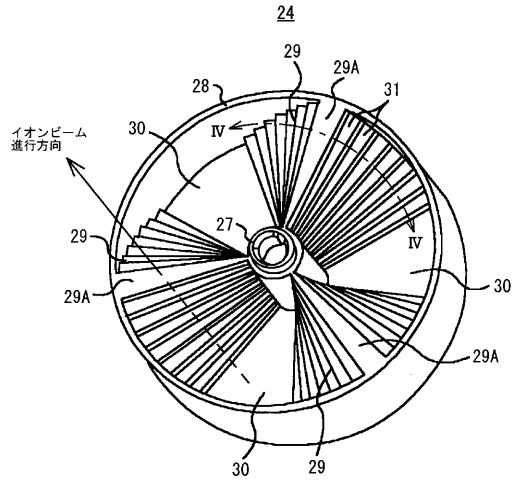
【図 1】



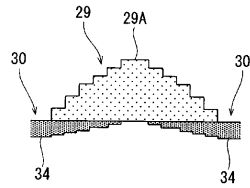
【図 2】



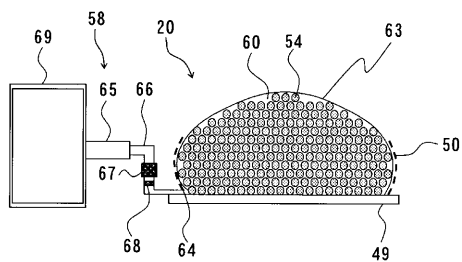
【図 3】



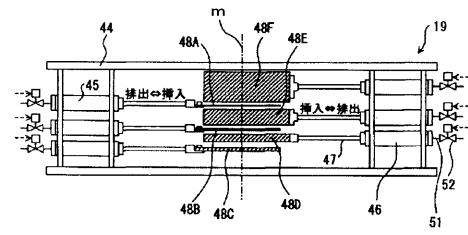
【図 4】



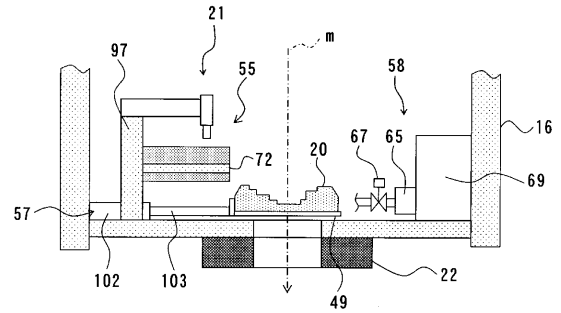
【図 7】



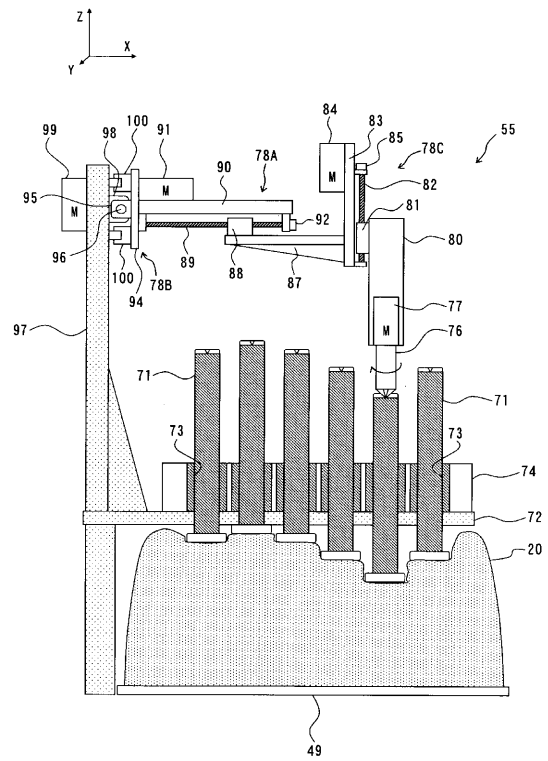
【図 5】



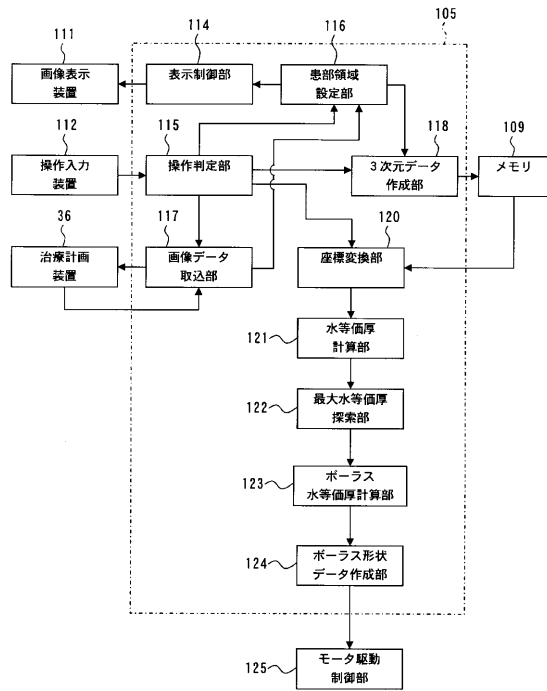
【図 6】



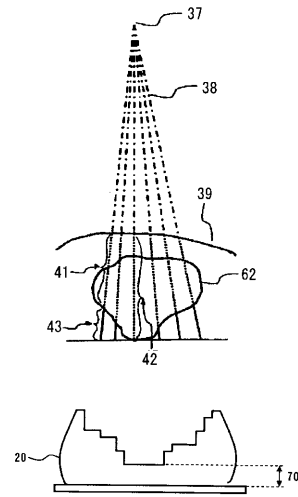
【図 8】



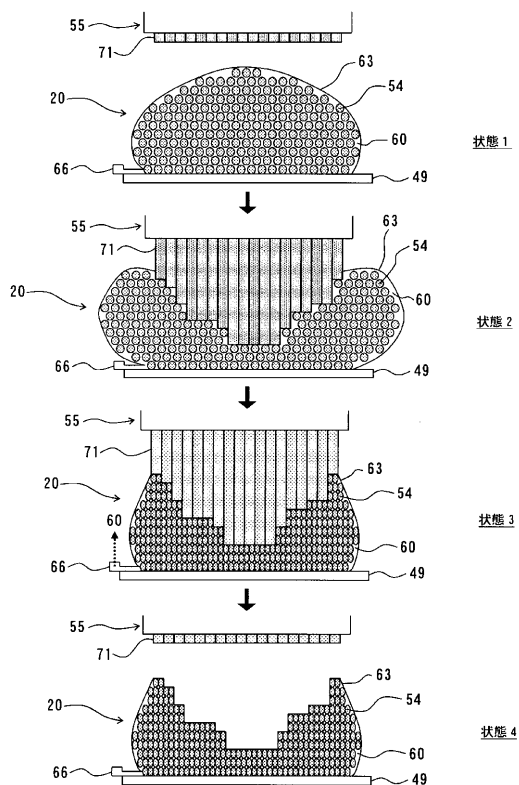
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【手続補正書】

【提出日】平成16年3月4日(2004.3.4)

【手続補正1】

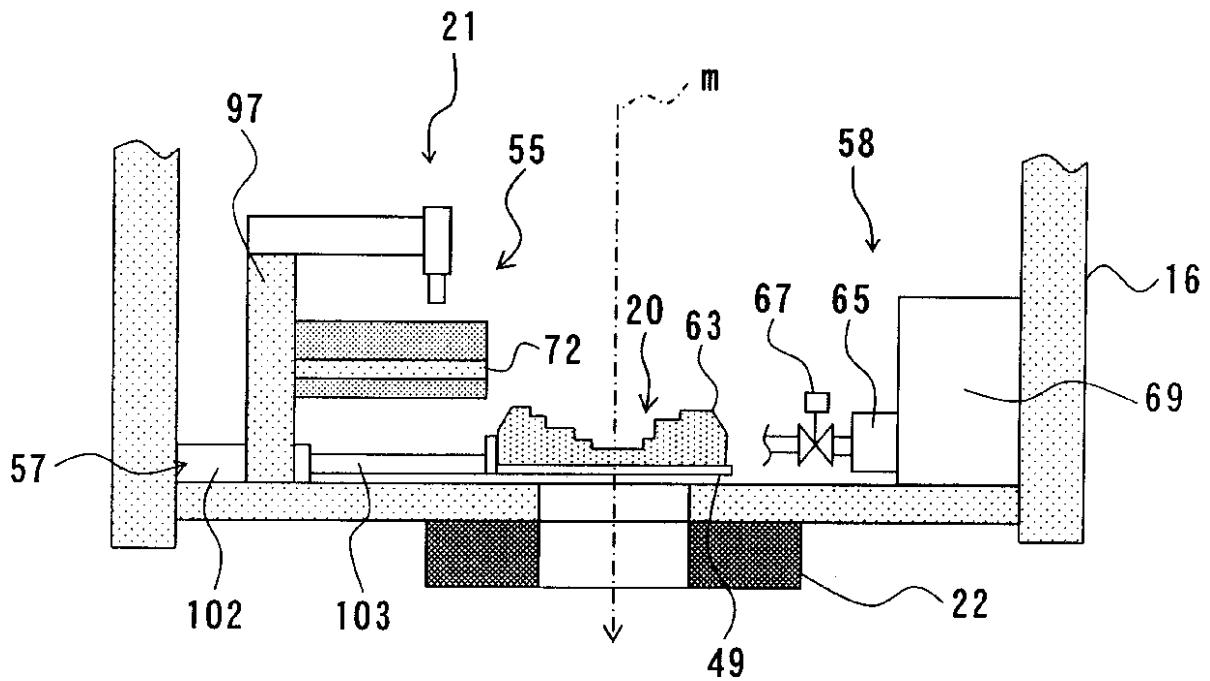
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正の内容】

【図6】



【手続補正2】

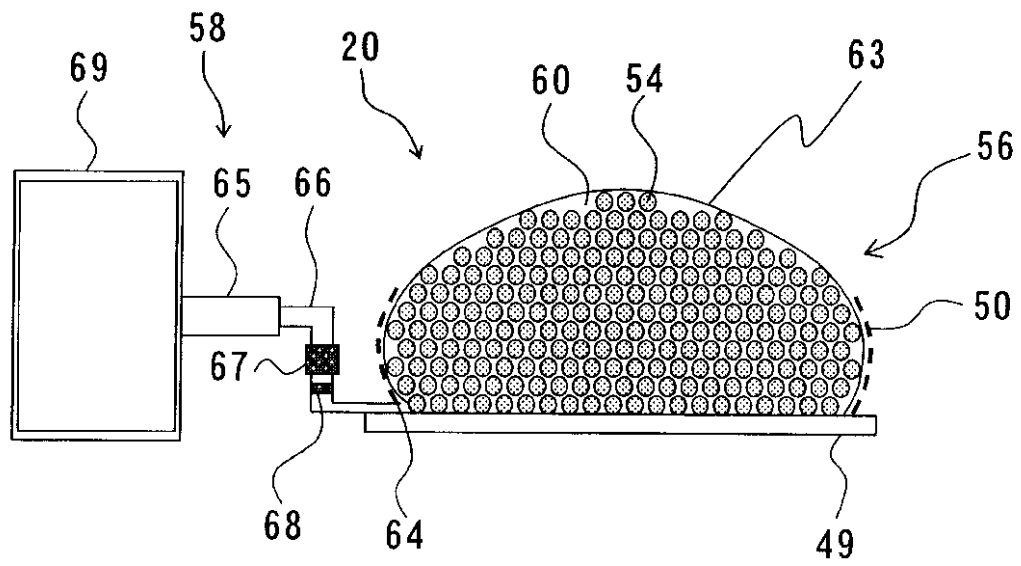
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 図 7 】



【 手続補正 3 】

【 補正対象書類名 】 図面

【 補正対象項目名 】 図 8

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【図 11】

