

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2013-503259

(P2013-503259A)

(43) 公表日 平成25年1月31日 (2013.1.31)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 B 9/22 (2006.01)	C 2 2 B 9/22	3 K 0 8 4
C 2 2 B 23/06 (2006.01)	C 2 2 B 23/06	4 E 0 0 4
C 2 2 B 34/12 (2006.01)	C 2 2 B 34/12 1 0 3	4 K 0 0 1
C 2 2 B 34/24 (2006.01)	C 2 2 B 34/24	
C 2 2 B 11/00 (2006.01)	C 2 2 B 11/00	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 42 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2012-526811 (P2012-526811)
 (86) (22) 出願日 平成22年8月10日 (2010. 8. 10)
 (85) 翻訳文提出日 平成24年4月23日 (2012. 4. 23)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/044944
 (87) 国際公開番号 W02011/025648
 (87) 国際公開日 平成23年3月3日 (2011. 3. 3)
 (31) 優先権主張番号 12/546, 785
 (32) 優先日 平成21年8月25日 (2009. 8. 25)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 501187033
 エイティイーアイ・プロパティーズ・インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国オレゴン州97321-0580, アルバニー, ノース・イースト・オールド・セーレム・ロード 1600
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100096013
 弁理士 富田 博行
 (74) 代理人 100092967
 弁理士 星野 修

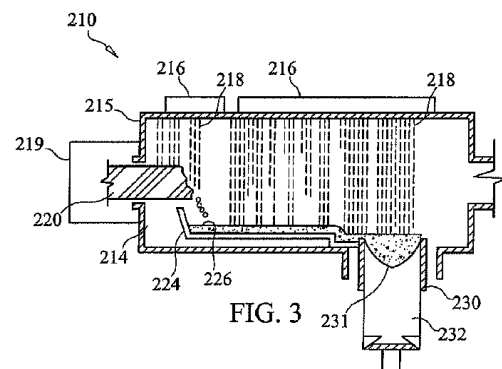
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 溶融炉用のイオンプラズマ電子エミッタ

(57) 【要約】

導電性の金属材料を溶融させる装置は、第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを作り出す構成とされた補助イオンプラズマ電子エミッタを備えている。該装置は、収束した電子フィールドを導電性の金属材料の少なくとも一部分に衝突させ、導電性の金属材料の任意の凝固部分、導電性の金属材料中の任意の固体の凝縮体及び／又は凝固するインゴットの領域の溶融又は加熱の少なくとも1つを行う構成とされたステアリングシステムを備えている。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電性の金属材料を溶融させる装置において、

真空室と、

該真空室内に配置された炉床 (h e a r t h) と、

前記真空室内に又は前記真空室に隣接して配置された少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタであって、第一の断面積を有する第一の電子フィールドであって、導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有する前記第一の電子フィールドを前記真空室内に向けるよう位置決めされた前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタと、

10

少なくとも 1 つの鋳型と、炉床から導電性の金属材料を受け取るよう位置決めされた噴霧装置と、

前記真空室内に又は前記真空室に隣接して配置された補助イオンプラズマ電子エミッタであって、第二の断面積を有する第二の電子フィールドであって、導電性の金属材料の加熱部分の少なくとも 1 つを少なくともその溶融温度まで加熱し、導電性の金属材料中の任意の固体の凝縮物を溶融させ、且つ形成するインゴットの領域に熱を提供するのに十分なエネルギーを有する前記第二の電子フィールドを前記真空室内に向けるよう位置決めされた前記補助イオンプラズマ電子エミッタとを備え、

前記第一の電子フィールドの第一の断面積は、前記第二の電子フィールドの第二の断面積と相違しており、前記補助イオンプラズマ電子エミッタにより放出された第二の電子フィールドはステア可能 (s t e e r a b l e) である、導電性の金属材料を溶融させる装置。

20

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置において、

導電性の金属材料を炉床の少なくとも 1 つの領域に上方の位置にて前記真空室内に導入する構成とされた少なくとも 1 つの供給装置を更に備える、装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の装置において、

前記供給装置及び少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、該少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタにより放出された第一の電子フィールドが、前記供給装置により前記真空室内に導入された導電性の金属材料に少なくとも部分的に衝突するように配置される、装置。

30

【請求項 4】

請求項 1 に記載の装置において、

前記炉床は、溶融材料の保持領域を含み、前記炉床及び少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、該少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタにより放出された第一の電子フィールドが、前記溶融材料の保持領域に少なくとも部分的に衝突するように配置される、装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置において、

前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、陽イオンプラズマを作り出す構成とされた電極を含むプラズマ領域を備える、装置。

40

【請求項 6】

請求項 5 に記載の装置において、

前記電極は、前記プラズマ領域の一部分に沿って位置決めされたワイヤーを備える、装置。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の装置において、

前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、カソードを負に帯電させる構成とされた高電圧の電源と電氣的に接続されたカソードを含むカソード領域を更に備え、該

50

カソードは、前記電極により発生された陽イオンが前記カソードに向けて加速され、且つ該カソードと衝突し、これにより前記第一の電子フィールドを前記カソードから解放するように前記電極に対して位置決めされる、装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の装置において、

前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、電子透過性のフォイル窓部を更に備え、該フォイル窓部は、前記真空室の壁内に位置決めされ、これにより、前記カソードから解放された前記第一の電子フィールドが前記フォイル窓部を通じて前記真空室に入るのを許容するようにした、装置。

【請求項 9】

請求項 7 に記載の装置において、

前記高電圧の電源は、前記カソードを 20,000 ボルト以上の負の電圧に給電する、装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の装置において、

前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタは、前記真空室内に開口し、前記第一の電子フィールドが前記少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタから、電子透過性の窓部を通ることなく、前記真空室内に直接、通るようにした、装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の装置において、該装置は、電子ビーム冷間炉床の溶融炉であり、前記導電性の金属材料は、チタン、チタン合金、タングステン、ニオブ、タンタル、白金、パラジウム、ジルコニウム、イリジウム、ニッケル、ニッケル系合金、鉄、鉄系合金、コバルト、及びコバルト系合金から選ばれた材料の少なくとも 1 つである、装置。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の装置において、

前記第一の電子フィールドの前記第一の断面積は、広い面積の電子フィールドである、装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の装置において、

前記第一の電子フィールドの前記第一の断面積は、前記第二の電子フィールドの前記第二の断面積よりも大きい、装置。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の装置において、

前記第二の電子フィールドの前記第二の断面積は、実質的に円形の断面外形及び実質的に矩形の断面外形の何れか 1 つを有する、装置。

【請求項 15】

請求項 1 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタから放出された前記第二の電子フィールドをステアするステアリング装置を更に備える、装置。

【請求項 16】

請求項 1 に記載の装置において、

前記第二の電子フィールドは、ラスタ走査して、前記導電性の金属材料の一部分のその溶融温度までの加熱、前記導電性の金属材料内の固体の凝縮物の溶融、及び形成するインゴットの領域に対する熱の提供の少なくとも 1 つを許容するような構成とされる、装置。

【請求項 17】

請求項 1 に記載の装置において、

前記補助イオン電子プラズマ電子エミッタは、陽イオンプラズマを作り出す構成とされた電極を含むプラズマ領域を備える、装置。

【請求項 18】

10

20

30

40

50

請求項 17 に記載の装置において、

前記電極は、前記炉床の少なくとも一部分の上方の位置にて導電性の金属材料を真空室内に導入する構成とされた供給装置の反対側の真空室の一端に近接して前記プラズマ領域内に位置決めされたワイヤーを備える、装置。

【請求項 19】

請求項 17 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタは、カソードを負に帯電させる構成とされた高電圧の電源と電氣的に接続されたカソードを含むカソード領域を更に備え、該カソードは、前記電極により発生された陽イオンが前記カソードに向けて加速され、且つ該カソードと衝突し、これにより前記第二の電子フィールドを前記カソードから解放するように前記電極に対して位置決めされる、装置。

10

【請求項 20】

請求項 19 に記載の装置において、

前記電極及び前記カソードの少なくとも一方は、実質的に円形の形状であり、前記第二の電子フィールドに対して実質的に円形の断面外形を形成するようにした、装置。

【請求項 21】

請求項 19 に記載の装置において、

前記電極及び前記カソードの少なくとも一方は、実質的に矩形の形状であり、前記第二の電子フィールドに対して実質的に矩形の断面外形を形成するようにした、装置。

20

【請求項 22】

請求項 19 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタは、電子透過性のフォイル窓部を更に備え、該フォイル窓部は、前記真空室の壁内に位置決めされ、これにより、前記カソードから解放された前記第二の電子フィールドが前記フォイル窓部を通じて前記真空室に入るのを許容するようにした、装置。

【請求項 23】

請求項 19 に記載の装置において、

前記カソードは、高い溶融温度及び低い作用関数を有する挿入体を更に備える、装置。

【請求項 24】

請求項 19 に記載の装置において、

前記高電圧の電源は、前記カソードを 20,000 ボルト以上の負の電圧に給電する、装置。

30

【請求項 25】

請求項 1 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタは、前記真空室内に開口し、前記第二の電子フィールドが前記補助イオンプラズマ電子エミッタから、電子透過性の窓部を通ることなく、前記真空室内に直接、通るようにした、装置。

【請求項 26】

導電性の金属材料を溶融させる装置において、

真空室と、

40

該真空室内に配置された炉床と、

導電性の金属材料を溶融させる構成とされた溶融装置と、

少なくとも 1 つの鋳型と、炉床から溶融した導電性の金属材料を受け取るよう位置決めされた噴霧装置と、

前記真空室内に又は前記真空室に隣接して配置された補助イオンプラズマ電子エミッタであって、所定の断面積を有する収束した電子フィールドであって、導電性の金属材料の溶融部分、導電性の金属材料中の溶融した固体の凝縮物、及び凝固するインゴットの加熱領域の少なくとも 1 つに対する十分なエネルギーを有する、前記収束した電子フィールドを前記真空室内に向けるよう位置決めされた前記補助イオンプラズマ電子エミッタとを更に備え、

50

前記収束した電子フィールドは、収束した電子フィールドをステアして、該収束した電子フィールドを導電性の金属材料、固体の凝縮物、及び凝固するインゴットの各部分の少なくとも一つに向けることができるようにした、装置。

【請求項 27】

請求項 26 に記載の装置において、

前記溶融装置は、前記真空室内に又は前記真空室に隣接して配置され、且つ前記導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有する広い面積の電子フィールドを前記真空室内に向けるよう位置決めされた少なくとも一つのイオンプラズマ電子エミッタを備える、装置。

【請求項 28】

請求項 26 に記載の装置において、

前記溶融装置は、前記導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有する電子ビームを放出する構成とされた少なくとも一つの熱イオン電子ビーム銃を備える、装置。

【請求項 29】

導電性の金属材料を溶融させる装置において、

第一の形状の断面外形を含む収束した電子フィールドを作り出す構成とされた補助イオンプラズマ電子エミッタと、

収束した電子フィールドを方向付けして該収束した電子フィールドを導電性の金属材料の少なくとも一部分上に衝突させ、導電性の金属材料の任意の凝固部分を溶融させ、導電性の金属材料中の任意の固体の凝縮物を溶融させ、及び形成されるインゴットの領域を加熱することの少なくとも一つを行なう構成とされたステアリングシステムとを備える、装置。

【請求項 30】

請求項 29 に記載の装置において、

第二の形状を有する電極と、

第三の形状を有するカソードとを更に備え、

前記第一の形状は前記第二の形状及び前記第三の形状の少なくとも一方に実質的に類似している、装置。

【請求項 31】

請求項 29 に記載の装置において、

前記第一の形状は、実質的に円形の形状及び実質的に矩形の形状の何れか一方である、装置。

【請求項 32】

請求項 31 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタは、実質的に円形のワイヤー電極と、実質的に円形の断面外形を有する収束した電子フィールドを作り出す構成とされた実質的に円形のカソードとを備える、装置。

【請求項 33】

請求項 31 に記載の装置において、

前記補助イオンプラズマ電子エミッタは、実質的に矩形の電極と、実質的に矩形の断面外形を有する収束した電子フィールドを作り出す構成とされた実質的に矩形のカソードとを備える、装置。

【請求項 34】

材料を加工する方法において、

金属及び金属合金の少なくとも一方を含む材料を雰囲気圧力に対して低圧力に維持された炉室内に導入するステップと、

少なくとも第一のイオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の断面積を有する第一の電子フィールドを発生させるステップと、

炉室内の材料に対し第一の電子フィールドを作用させ、材料を該材料の溶融温度よりも

10

20

30

40

50

高い温度まで加熱するステップと、

第二のイオンプラズマ電子エミッタを使用して、第二の断面積を有する第二の電子フィールドを発生させるステップと、

材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも一つに対し、ステアシステムを使用して第二の電子フィールドを作用させ、固体の凝縮物、凝固部分及び凝固するインゴットの領域の少なくとも一つを溶融させ又は加熱するステップとを更に備え、

第一の電子フィールドの第一の断面積は、第二の電子フィールドの第二の断面積と相違するようにした、材料を加工する方法。

【請求項 3 5】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記材料は、チタン、チタン合金、タングステン、ニオブ、タンタル、白金、パラジウム、ジルコニウム、イリジウム、ニッケル、ニッケル系合金、鉄、鉄系合金、コバルト、及びコバルト系合金の少なくとも一つから成る、方法。

【請求項 3 6】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記材料に対して少なくとも第一の電子フィールドを作用させた後又は作用させると同時に、前記材料から鋳物又は粉体を形成するステップを更に備える、方法。

【請求項 3 7】

請求項 3 4 に記載の方法において、

チタン、チタン合金、タングステン、ニオブ、タンタル、白金、パラジウム、ジルコニウム、イリジウム、ニッケル、ニッケル系合金、鉄、鉄系合金、コバルト、及びコバルト系合金から成る群から選んだ少なくとも一つの導電性材料を前記炉室内に導入するステップと、

選択的に、少なくとも一つの合金添加物を前記材料に添加するステップと、

前記材料に対して第一の電子フィールドを作用させた後又は作用させると同時に、前記材料から鋳物又は粉体を形成するステップとを更に備える、方法。

【請求項 3 8】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記第一のイオンプラズマ電子エミッタ及び前記第二のイオンプラズマ電子エミッタ内にて前記炉室内の圧力と実質的に同一の圧力を維持するステップを更に備える、方法。

【請求項 3 9】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記炉室内にて前記第一のイオンプラズマ電子エミッタ及び前記第二のイオンプラズマ電子エミッタ内の圧力よりも低い圧力を維持するステップを更に備える、方法。

【請求項 4 0】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記炉室内にて 4 0 μ 以上の圧力を維持し、炉室内にて材料を加熱する間、材料から揮発性成分 (v o l a t i l e e l e m e n t s) の望ましくない気化を減少させ又は解消するステップを更に備える、方法。

【請求項 4 1】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記炉室内にて 3 0 0 μ 以上の圧力を維持し、炉室内にて材料を加熱する間、材料から揮発性成分の望ましくない気化を減少させ又は解消するステップを更に備える、方法。

【請求項 4 2】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記第一の電子フィールドの第一の断面積は前記第二の電子フィールドの第二の断面積よりも大きい、方法。

【請求項 4 3】

請求項 3 4 に記載の方法において、

10

20

30

40

50

固体の凝縮物、凝固した部分、及び凝固するインゴットの領域の 1 つの上方にて前記第二の電子フィールドをラスタ走査し、固体の凝縮物、凝固した部分、及び凝固するインゴットの領域の 1 つを溶融させ又は加熱するステップを更に備える、方法。

【請求項 4 4】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記第二の電子フィールドを磁気式ステアリングシステムを使用して、固体の凝縮物、凝固した部分、及び凝固するインゴットの領域の何れか 1 つに向けるステップを更に備える、方法。

【請求項 4 5】

請求項 3 4 に記載の方法において、

前記第二の電子フィールドは、実質的に円形の断面外形と、実質的に矩形の断面外形の何れか一方を有する、方法。

【請求項 4 6】

材料を加工する方法において、

金属及び金属合金の少なくとも一方を含む材料を雰囲気圧力に対して低い圧力に維持された炉室内に導入するステップと、

炉室内の材料に対し、材料をその材料の溶融温度よりも高い温度まで加熱する構成とされた溶融装置を作用させるステップと、

補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して、収束した電子フィールドを発生させるステップと、

材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも 1 つに対し、ステアリングシステムを使用して、収束した電子フィールドを作用させ、固体の凝縮物、凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも 1 つを溶融させ又は加熱するステップとを更に備える、方法。

【請求項 4 7】

請求項 4 6 に記載の方法において、

前記溶融装置は、電子ビームを放出する構成とされた少なくとも 1 つの熱イオン電子ビーム銃を備える、方法。

【請求項 4 8】

請求項 4 6 に記載の方法において、

前記溶融装置は、少なくとも 1 つのイオンプラズマ電子エミッタを備える、方法。

【請求項 4 9】

材料を加工する方法において、

補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを発生させるステップと、

収束した電子フィールドをステアして、収束した電子フィールドを材料に衝突させるステップと、材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも 1 つを溶融させ又は加熱するステップとを備える、方法。

【請求項 5 0】

請求項 4 9 に記載の方法において、

第二の形状を有する電極と、第三の形状を有するカソードとを使用して、収束した電子フィールドを発生させるステップを更に備え、前記第一の形状は、前記第二の形状及び第三の形状の少なくとも一方に実質的に類似する、方法。

【請求項 5 1】

請求項 4 9 に記載の方法において、

補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して実質的に円形の断面外形及び実質的に矩形の断面外形の一方を有する収束した電子フィールドを発生させるステップを更に備える、方法。

【請求項 5 2】

請求項 5 1 に記載の方法において、

10

20

30

40

50

実質的に円形の電極及び実質的に円形のカソードを使用して、収束した電子フィールドを発生させるステップを更に備える、方法。

【請求項 5 3】

請求項 5 1 に記載の方法において、

実質的に矩形の電極及び実質的に矩形のカソードを使用して、収束した電子フィールドを発生させるステップを更に備える、方法。

【請求項 5 4】

溶融炉内にて導電性材料を溶融させる電子フィールドを発生させる方法において、

第一の非線形の形状を有するアノードを提供するステップと、

該アノードに電圧を印加するステップと、

前記アノードにて正カチオンを保持するプラズマを作り出すステップと、

第二の形状を有するカソードを提供するステップと、

該カソードを前記アノードに対して位置決めするステップと、

前記カソードを負に帯電する構成とされた電圧を該カソードに印加するステップと、

前記正のカチオンを前記カソードに向けて加速し、自由な第二の電子を発生させるステップと、

前記アノードの第一の非線形の形状に相応する第三の断面外形を有する電子フィールドを前記自由な第二の電子を使用して形成するステップと、を備える方法。

【請求項 5 5】

請求項 5 4 に記載の方法において、

前記電子フィールドの第三の形状は、前記カソードの第二の形状に相応する、方法。

【請求項 5 6】

請求項 5 5 に記載の方法において、

前記電子フィールドの第三の形状は、前記カソードの前記第二の形状と実質的に同一である、方法。

【請求項 5 7】

請求項 5 4 に記載の方法において、

前記アノードは、ワイヤー、導電性の薄い板、導電性の薄いシート、導電性の薄いフォイルの 1 つを備える、方法。

【請求項 5 8】

請求項 5 4 に記載の方法において、

前記電子フィールドの第三の形状は、前記アノードの第一の非線形の形状と実質的に同一である、方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

【0001】 本出願は、米国法 35 U.S.C 第 120 に基づく優先権を主張し、且つ 2007 年 3 月 30 日付けで出願した米国仮特許出願第 60/909,118 号に対して米国法 35 U.S.C 第 119 に基づく優先権を主張する、2008 年 3 月 26 日付けで出願した、米国特許出願第 12/055,415 号の一部継続出願である。上記の先

【技術分野】

【0002】

【0002】 本発明は、金属及び金属合金（以下、「合金」という）を溶融させる装置及び技術に関する。本発明は、より特定のには、電子を利用して、合金を及び（又は）溶融した合金中に形成された凝縮物を溶融させ又は加熱する装置及び技術に関するものである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

10

20

30

40

50

【特許文献 1】米国特許第 4, 0 2 5, 8 1 8 号明細書
【特許文献 2】米国特許第 4, 6 4 2, 5 2 2 号明細書
【特許文献 3】米国特許第 4, 6 9 4, 2 2 2 号明細書
【特許文献 4】米国特許第 4, 7 5 5, 7 2 2 号明細書
【特許文献 5】米国特許第 4, 7 8 6, 8 4 4 号明細書

【背景技術】

【0004】

【0003】 合金の溶融方法は、適当な材料の装入物を製造し、次に、その装入物を溶融させる工程を含む。次に、その溶融した装入物、すなわち「溶融体」を精製し、且つ（又は）処理して、溶融体の化学的性質を改質し、溶融体から望ましくない成分を除去し、且つ（又は）溶融体から鑄造した物品の微細構造に影響を与えることができる。溶融炉は電気又は化石燃料の燃焼の何れかによって運転し、また、適当な装置の選択は、製造される材料の型式のみならず、相対的なコスト及び適用される環境上の規制によって大きく左右される。今日、多様な溶融技術及び装置が利用可能である。一般的な型式の溶融技術は、例えば、誘導溶融（真空誘導溶融を含む）、アーク溶融（真空アークスカル溶融を含む）、るつぼ溶融、及び電子ビーム溶融を含む。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

【0004】 電子ビーム溶融法は、通常、熱イオン電子ビーム銃を利用して、高エネルギーの実質的に線形の電子流れを発生させ、この電子流れを使用して標的の材料を加熱する。熱イオン電子ビーム銃は、電流をフィラメントまで流すことにより作動し、これによりフィラメントを高温まで加熱し、電子を「沸騰」させてフィラメントから分離させる。次に、フィラメントから発生された電子を収束させ、且つ極めて狭小な、実質的に線形の電子ビームの形態にて標的に向けて加速させる。1つの型式のイオンプラズマ電子ビーム銃は合金溶融体を製造するためにも使用されている。特定的には、1994年の電子ビーム溶融に関する国際会議（ネバダ州、レノ）、259-267ページにおけるV. A. シェルノフ（Chernov）による「強力な高電圧グロー放電電子銃及びその基部のパワーユニット（Powerful High-Voltage Glow Discharge Electron Gun and Power Unit on its Base）」に記載された「グロー放電（glow discharge）」電子ビーム銃は、ウクライナ、キエフのアンタレス（Antares）から入手可能な特定の溶融炉に組み込まれている。かかる装置は、カチオンを含む冷間プラズマを作り出すことにより作動し、そのカチオンは、カソードにぶつかり、電子を作り出し、この電子を収束させて、実質的に線形の電子ビームを形成する。

20

30

【0006】

【0005】 上記型式の電子ビーム銃によって作り出された実質的に線形の電子ビームは、電子ビーム溶融炉の真空溶融室内に向けられ、且つ溶融すべき且つ溶融状態に維持すべき材料に衝突させる。電子を導電性材料を通して伝導することはその材料を急速に、特定の溶融温度以上の温度まで加熱することになる。例えば、約 100 kW/cm^2 となる実質的に線形の電子ビームの高エネルギーを考えるならば、線形の電子ビーム銃は、極めて高温の熱源であり、実質的に線形のビームが衝突する材料の溶融温度、また、場合によっては、その気化温度を容易に上回る可能性がある。磁気偏向又は類似の方向決め手段を使用すれば、実質的に線形の電子ビームを溶融室内にて標的の材料を渡って高周波数にてラスター走査し、ビームを広い面積を渡し、且つ多数の複雑な形状を有する標的を渡って向けることが可能である。

40

【0007】

【0006】 電子ビーム溶融法は表面加熱法であるため、この方法は、通常、浅い溶融プールしか作り出さず、このことは、鑄造したインゴットの多孔質巣及び偏析を少なくする点にて有益である。電子ビームにより作り出された過熱した金属プールは、炉の溶融

50

室の高い真空環境内に配置されるため、この技術は、熔融材料のガス抜きをする傾向となる点にても有益である。また、相対的に高い蒸気圧力を有する合金内の望ましくない金属及び非金属組成物は、熔融室内にて選択的に気化させ、これにより合金の純度を向上させることができる。他方、高度に収束させた実質的に線形の電子ビームにより作り出された望ましい組成物の気化について考慮しなければならない。望ましくない気化は製造時のファクタとしなければならない。また、電子ビーム熔融炉を使用するとき、合金の製造を著しく複雑にするであろう。

【 0 0 0 8 】

[0 0 0 7] 色々な熔融及び精製方法は、熱イオン電子銃を使用して供給材料を電子ビームにて熔融させる工程を含む。滴下 (D r i p) 熔融法は、例えば、タンタル及びニオブのような耐火性金属を加工するため熱イオン電子ビーム銃熔融炉にて使用される古典的方法である。通常、バーの形態をした原材料は、炉室内に供給され、且つバーにて収束させた線形の電子ビームは、材料を直接、固定鑄型及び又は引抜き鑄型に滴下熔融させる。引抜き鑄型内にて鑄造するとき、インゴットの底部を引抜くことにより、成長するインゴットの頂部に液体プールレベルが維持される。上述したガス抜き及び選択的な気化現象の結果、供給材料は精製される。

【 0 0 0 9 】

[0 0 0 8] 電子ビーム冷間炉床熔融技術 (e l e c t r o n b e a m c o l d h e a r t h m e l t i n g t e c h n i q u e) は、一般に反応性金属及び合金の加工及び再利用工程にて使用される。供給材料は、実質的に線形の電子ビームを供給材料バーの一端に衝突させることにより、滴下熔融させる。熔融した供給材料は、水冷式銅炉床の一端領域内に滴下し、保護スカルを形成する。熔融材料が炉床内に集まると、この材料は溢れ出て、且つ重力によって引抜き鑄型又はその他の鑄造装置内に落下する。炉床内での熔融材料の休止時間中、実質的に線形の電子ビームは、急速に、材料の表面を渡ってラスタ走査され、その材料を熔融形態に保持する。このことは、また、高い蒸気圧力の成分の気化を通じて熔融材料をガス抜きし且つ精製する効果を有する。また、炉床は、高密度及び低密度の固体介入物の重力による分離を促進する寸法とすることもでき、その場合、酸化物及びその他の相対的に低密度の介入物は、解離を許容するのに十分な時間熔融金属内に止まる一方、高密度の粒子は底部に沈着し、且つスカル内に取り込まれる。

【 0 0 1 0 】

[0 0 0 9] 従来の電子ビーム熔融技術の色々な利点を考えるならば、この技術を更に改良することは更に有益であろう。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

[0 0 1 0] 本発明の1つの非限定的な特徴に従い、導電性の金属材料を熔融させる装置が記載されている。該装置は、真空室と、真空室内に配置された炉床と、真空室内に又は真空室に隣接して配置され、且つ第一の断面積を有する第一の電子フィールドを真空室内に向けるよう位置決めされた少なくとも1つのイオンプラズマ電子エミッタとを備えている。第一の電子フィールドは、導電性の金属材料をその熔融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有している。該装置は、少なくとも1つの鑄型と、炉床から導電性の金属材料を受け取るよう位置決めされた噴霧装置と、真空室内に又は真空室内に隣接して配置され、且つ、第二の断面積を有する第二の電子フィールドを真空室内に向けるよう位置決めされた補助イオンプラズマ電子エミッタとを更に備えている。第二の電子フィールドは、導電性の金属材料の加熱部分をその熔融温度まで加熱し、導電性の金属材料中の任意の固体の凝縮物を熔融させ、且つ形成するインゴットの領域に熱を提供する小鳥少なくとも1つを行うのに十分なエネルギーを有している。第一の電子フィールドの第一の断面積は、第二の電子フィールドの第二の断面積と相違している。補助イオンプラズマ電子エミッタにより放出された第二の電子フィールドはステア可能である。

【 0 0 1 2 】

[0 0 1 1] 本発明の別の非限定的な実施の形態に従い、導電性の金属材料を熔融さ

せる装置が記載されている。該装置は、真空室と、真空室内に配置された炉床と、導電性の金属材料を溶融させる構成とされた溶融装置とを備えている。該装置は、少なくとも1つの鑄型と、炉床から溶融した導電性の金属材料を受け取るよう位置決めされた噴霧装置と、真空室内に又は真空室に隣接して配置され、且つある断面積を有する収束した電子フィールドを真空室内に向けるよう位置決めされた補助イオンプラズマ電子エミッタとを更に備えている。収束した電子フィールドは、導電性の金属材料の一部分を溶融させ、導電性の金属材料中の固体の凝縮物を溶融させ、且つ凝固するインゴットの領域を加熱することの少なくとも1つを行うのに十分なエネルギーを有している。収束した電子フィールドをステアして、収束した電子フィールドを導電性の金属材料、固体の凝縮物、及び凝固するインゴットの少なくとも一部分に向けることができる。

10

【0013】

〔0012〕 本発明の更に別の非限定的な特徴に従い、導電性の金属材料を溶融させる装置が記載されている。該装置は、第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを作り出す構成とされた補助イオンプラズマ電子エミッタを備えている。該装置は、収束した電子ビームを向けて導電性の金属材料の少なくとも一部分上にて収束した電子フィールドに衝突し、導電性の金属材料の任意の凝固部分を溶融させ、導電性の金属材料中の任意の固体の凝縮物を溶融させ、及び形成するインゴットの領域を加熱することの少なくとも1つを行なう構成とされたステアリングシステムを更に備えている。

【0014】

〔0013〕 本発明の更なる特徴に従い、ある材料を加工する方法が提供される。該方法は、金属及び金属合金の少なくとも一方を含む材料を雰囲気圧力に対して低圧力に維持された炉室内に導入するステップと、少なくとも第一のイオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の断面積を有する第一の電子フィールドを発生させるステップとを備えている。該方法は、炉室内の材料に対し第一の電子フィールドを作用させ、材料を該材料の溶融温度よりも高い温度まで加熱するステップと、第二のイオンプラズマ電子エミッタを使用して、第二の断面積を有する第二の電子フィールドを発生させるステップとを更に備えている。該方法は、材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも一方に対し、ステアリングシステムを使用して第二の電子フィールドを作用させ、固体の凝縮物、凝固部分及び凝固するインゴットの領域の少なくとも1つを溶融させ又は加熱するステップを更に備えている。第一の電子フィールドの第一の断面積は、第二の電子フィールドの第二の断面積と相違する。

20

30

【0015】

〔0014〕 本発明の更なる特徴に従い、ある材料を加工する方法が提供される。該方法は、金属及び金属合金の少なくとも一方を含む材料を雰囲気圧力に対して低い圧力に維持された炉室内に導入するステップと、炉室内の材料に対し、材料をその材料の溶融温度よりも高い温度まで加熱する構成とされた溶融装置を作用させるステップとを備えている。該方法は、補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して収束した電子フィールドを発生させるステップと、材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも1つに対し、ステアリングシステムを使用して収束した電子フィールドを作用させ、固体の凝縮物、凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも1つを溶融させ又は加熱するステップとを更に備えている。

40

【0016】

〔0015〕 本発明の更なる特徴に従い、ある材料を加工する方法が提供される。該方法は、補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを発生させるステップと、収束した電子フィールドをステアして、収束した電子フィールドを材料に衝突させ、材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分、及び凝固するインゴットの領域の少なくとも1つを溶融させ又は加熱するステップとを備えている。

【0017】

〔0016〕 本発明の更なる特徴に従い、溶融炉内の導電性材料を溶融させる電子フ

50

フィールドを発生させる方法が提供される。該方法は、第一の非線形の形状を有するアノードを提供するステップと、アノードに電圧を印加するステップと、アノードにて正カチオンを保持するプラズマを発生させるステップとを備えている。該方法は、第二の形状を有するカソードを提供するステップと、カソードをアノードに対して位置決めするステップと、カソードに対し電圧を印加するステップとを更に備えている。電圧は、カソードを負に帯電させる設定される。該方法は、正カチオンをカソードに向けて加速して自由な二次的電子を発生させるステップと、該自由な二次的電子を使用して電子フィールドを形成するステップとを更に備えている。該電子フィールドは、第三の形状を有する断面外形を備えている。該第三の形状は、アノードの第一の非線形の形状に相応する。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【0017】 本明細書に記載した装置及び方法の特徴及び有利な効果は、以下の添付図面を参照することにより、一層良く理解することができる。

【図1】従来の熱イオン電子ビーム銃溶融炉の1つの実施の形態の概略断面図である。

【図2】ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの1つの特定の構成要素を示す概略図である。

【図3】本発明に従った多数のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを含む電子ビーム冷間炉床溶融炉の1つの非限定的な実施の形態を示す概略断面図である。

【図4】ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの1つの非限定的な実施の形態を示す概略図である。

【図5】電子源としてワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを含む電子ビーム溶融炉の本発明に従った1つの非限定的な実施の形態を示す概略図である。

【図6】本発明に従った電子ビーム溶融炉内にて使用し得るようにすることができるワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの1つの非限定的な実施の形態の一部断面図とした斜視図である。

【図7】図6に示したワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの作用を示す線図である。

【図8】本発明に従った電子ビーム冷間炉床溶融炉の1つの実施の形態を示す概略断面図である。

【図9】本発明に従った多数イオンプラズマ電子エミッタ及び補助イオンプラズマ電子エミッタを含む電子ビーム冷間炉床溶融炉の1つの非限定的な実施の形態を示す概略断面図である。

【図10】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタを含む電子ビーム冷間炉床溶融炉の1つの非限定的な実施の形態を示す概略断面図である。

【図11】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタ用のステアリングシステムの1つの非限定的な実施の形態を示す概略図である。

【図12】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタ用のステアリングシステムの1つの非限定的な実施の形態の頂面斜視図を示す概略図である。

【図13】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタの1つの非限定的な実施の形態の頂面図を示す斜視図である。

【図14】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタの1つの非限定的な実施の形態の頂面図を示す別の概略図である。

【図15】本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタの1つの非限定的な実施の形態の頂面図を示す更に別の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

【0033】 読者は、本発明による装置及び方法の特定の非限定的な実施の形態に関する以下の詳細な説明を読むことにより、その他の事項のみならず、上記の詳細が理解されよう。また、読者は、本明細書に記載した装置及び方法を実施し又は使用したとき、かかる追加的な詳細の特定のものを理解することができるであろう。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 0 】

【 0 0 3 4 】 非限定的な実施の形態の本説明において、作用例以外のもの又は別段の記載が少ない限り、要素及び製品の数量及び特徴、加工条件等を表わす全ての数値は、全ての場合に、「約」という語にて修正されるものであることを理解すべきである。従って、反対の記載がない限り、以下の説明に掲げた全ての数値パラメータは、本発明の装置及び方法にて得ようとする所望の特性に依存して変更可能である近似値である。少なくとも、また、等価物の理論を請求項の範囲に限定することを意図するものではなく、数値パラメータの各々は、記載した有意義な数値に鑑み且つ通常の丸め技術を応用することにより少なくとも解釈されるべきである。

【 0 0 2 1 】

【 0 0 3 5 】 参考として引用し本明細書に含めたとされる全ての特許、出版物、又はその他の開示資料は、その全体又は一部分を問わずその組み込んだ資料が既存の定義、明言又は本明細書に含めたその他の開示資料と矛盾しない限りにて、本明細書の一部とするものである。従って、また、必要な限度にて、本明細書に掲げた開示内容は、参考として引用し本明細書に含めた矛盾する資料に優先するものである。参考として引用し、本明細書に含めたとされ、且つ既存の定義、明言、又は本明細書に記載したその他の開示資料と矛盾するする全ての資料、又はその一部分は、その一部とした資料と既存の開示資料とが全く矛盾しない程度にてのみ本明細書の一部とするものである。

【 0 0 2 2 】

【 0 0 3 6 】 本発明は、一部分、金属及び金属合金を溶融させ、且つ（又は）金属製造品又は粉体の製造時に使用される材料を溶融状態に維持する電子ビーム炉の改良された設計に関するものである。従来の熱イオン電子ビーム銃溶融炉は、図 1 に概略図で示されている。炉 1 1 0 は、室の壁 1 1 5 により取り囲まれた真空室 1 1 4 を含む。多数の熱イオン電子ビーム銃 1 1 6 は、室 1 1 4 の外側にて、且つ室 1 1 4 と隣接して配置され、また、別個の線形電子ビーム 1 1 8 を室 1 1 4 内に向ける。金属バー 1 1 2 0 及び合金用粉体 1 2 2 の形態をした供給材料が従来のバー供給装置 1 1 9 及び従来の粒子又は粒体供給装置 1 1 7 によりそれぞれ室 1 1 4 内に導入される。電子ビーム銃 1 1 6 の 1 つの線形電子ビーム 1 1 8 は、バー 1 1 2 の一端に衝突し、且つその一端を溶融させ、その形成される溶融合金 1 2 4 は、室 1 1 4 内の水冷式銅精製炉床 1 2 6（「冷間炉床」）内に落下する。熱イオン電子ビーム銃 1 1 6 は、従来型式の設計であり、適当なフィラメント材料を加熱することによって電子を発生させる。銃 1 1 6 は、その発生された電子を 1 点に収束させ、また、電子は、緊密に収束し、実質的に線形ビームの形態にて銃 1 1 6 から投射される。このため、銃 1 1 6 から投射された電子は、基本的に点源として標的に衝突する。この電子の点源による標的の加熱は、カソード光線テレビ受像管の蛍光スクリーンを渡った電子をラスタ走査するのと類似した方法にて線形電子ビーム 1 1 8 を標的の少なくとも一部分をラスタ走査することにより、促進される。熱イオン電子ビーム銃 1 1 6 の実質的に線形のビーム 1 1 8 をバー 1 2 0 の端部領域を渡ってラスタ走査することは、例えば、バー 1 2 0 を溶融させることになる。

【 0 0 2 3 】

【 0 0 3 7 】 図 1 を更に参照すると、炉床 1 2 6 内に沈着した溶融合金 1 2 4 は、実質的に線形の電子ビーム 1 1 8 の特定のを所定の、且つ計画したパターンにて溶融合金 1 2 4 の表面を渡ってラスタ走査することにより、溶融状態に維持される。供給装置 1 1 7 により溶融合金 1 2 4 内に導入された粉体又は粒体合金材料は、溶融材料中に組み込まれる。溶融合金 1 2 4 は、炉床 1 2 6 を渡って前進し、且つ、重力によって炉床から銅の引抜き鑄型 1 3 0 内に落下する。引抜き鑄型 1 3 0 は、成長するインゴット 1 3 2 の長さを受容し得るよう並進可能な基部 1 3 4 を含んでいる。溶融合金 1 2 4 は、最初、引抜き鑄型 1 3 0 内に溶融プール 1 3 1 として貯まり、漸進的に、凝固してインゴット 1 3 2 になる。2 つ以上の実質的に線形の電子ビーム 1 1 8 をプールの表面を渡ってラスタ走査することにより電子が溶融プール 1 3 1 に衝突することは、プール 1 3 1 の領域、特にプールの端縁を溶融状態に維持する点にて有益である。

【 0 0 2 4 】

【 0 0 3 8 】 従来の熱イオン電子ビーム銃溶融炉のような、炉室内にて材料を加熱するため2つ以上の実質的に線形の電子ビームを利用する炉において、揮発性成分、すなわち、炉の溶融温度にて相対的に高い蒸気圧力を有する元素は、溶融プールから沸騰し、且つ炉室の相対的に低温の室に凝縮する傾向となる（一般に、電子ビームの溶融により実現される温度にて相対的に高い蒸気圧力を有する一般的な合金成分は、例えば、アルミニウム及びクロムを含む）。実質的に線形の電子ビーム溶融技術は、特に、気化を生じ易く、このことは、少なくとも2つの理由のため、精製又は純化と異なり、合金化するとき、従来の電子ビーム炉の著しく不利益な点である。第一に、合金の全体的な又は局所的な化学的組成は、高揮発性成分が溶融プールから不可避免的に失われるため、溶融中、制御が困難となることである。第二に、気化した元素の凝縮物が時間と共に、炉壁に蓄積し勝ちとなり、また、溶融体中に落下し、これにより、溶融を介入物にて汚染し、且つ溶融体の化学的性質に局所的な変化を生じさせることである。

10

【 0 0 2 5 】

【 0 0 3 9 】 何らかの特定の理論に拘束されることを意図せずに、本発明者らは、従来の電子ビーム溶融炉の上記の不利益な点は、電子ビーム炉にて加工された材料に対する従来の実質的に線形の電子ビームの作用に起因するものであると考える。図1の説明に関して上記に言及したように、従来の電子ビーム冷間炉床溶融技術は、実質的に線形の電子ビームを利用して、炉内に導入された原材料を溶融させ、且つ溶融材料が冷間炉床に沿って、且つその上を流れて鑄造鑄型に入るとき、その溶融材料の温度を維持する。かかる炉は、典型的に、多数の電子ビーム源を含んでおり、そのビーム源の各々は、基本的に点源である実質的に線形の電子ビームを作り出す。強力な電子濃度のこれらの「点」は、加熱すべき領域上を迅速にラスタ走査し、材料を溶融させ、且つその溶融した材料が十分に流れるのを許容する平均温度がその標的領域の全体を通じて実現されるようにしなければならない。しかし、線形の電子ビームの点源の性質のため、電子ビームが合金に衝突する点は極端な高温度まで加熱される。この局所的に強力な加熱現象は、電子ビームが炉内の固体の又は溶融合金に衝突する特定の点から放出された可視白光線として観察することができる。これらの点にて生ずる強力な過熱効果は、炉室内にて維持された高い真空圧と共に、合金内の相対的に揮発性の元素を容易に気化させ、揮発性成分は過剰に気化し、且つこれと同時に、室の壁に凝縮する結果となる。上述したように、かかる凝縮は、凝縮した材料が溶融合金内に落下するとき、その浴を汚染させ、また、その結果、例えば、鑄造したインゴットにて顕著な組成の不均一性を生じさせる危険性がある。

20

30

【 0 0 2 6 】

【 0 0 4 0 】 本明細書にて説明した改良された電子ビーム溶融炉の設計は、例えば、かかる炉内の電子源の少なくとも一部として、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、2つ以上のイオンプラズマ電子エミッタを利用する。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、本明細書にて、一例としてのイオンプラズマエミッタとして開示されているが、以下に更に詳細に説明するように、本発明と共に、その他の適当なイオンプラズマ電子エミッタ（例えば、非ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ）を使用することが可能であることを理解すべきである。本明細書にて使用するように、「イオンプラズマ電子エミッタ」及び「ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ」という語は、正に帯電したイオンをカソードに衝突させ、これにより二次的な電子フィールドをカソードから解放することにより、相対的に幅の広い非線形の電子フィールドを作り出す装置を意味する。イオンプラズマ電子エミッタにより作り出された電子ビームは、線形ビームではなく、三次元的な電子フィールドすなわち電子の「フラッド（flood）」であり、これらの電子は、標的に衝突したとき、実質的に線形の電子ビームを標的に衝突させることにより包含される小さい点と比べて極めて大きい二次元的領域を包含する。従って、イオンプラズマ電子エミッタにより作り出された電子フィールドは、電子ビーム溶融炉にて使用される従来の電子銃により作り出された遥に小さい接点に比して本明細書にて「広い面積の」電子フィールドと称する。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、当該分野

40

50

にて既知であり（関連しない用途にて使用するため）、且つ例えば、「ワイヤーイオンプラズマ（WIP）電子」銃又はエミッタ、「WIP電子」銃又はエミッタ、また、多少、混乱気味に、「線形電子ビームエミッタ（装置の特定の実施の形態にてプラズマを作り出すワイヤー電極の線形の性質のものを指す）のように、色々な名称にて呼ばれている。

【0027】

【0041】 ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、多様な設計にて利用可能であるが、かかるエミッタの全ては、特定の基本的な設計上の特徴を共通にする。かかるエミッタの各々は、カチオンを含むプラズマを作り出す細長いワイヤーアノードの形態をした陽イオン源と、ワイヤーにより発生された陽イオンを捕捉するため隔て、且つ位置決めされたカソードとを含むプラズマ又はイオン化領域を含む。大きい負電圧がカソードに印加されて、ワイヤー陽イオン源により発生されたプラズマ内の陽イオンの一部分は、カソード表面に向けて加速され、且つそのカソード表面と衝突し、カソードから二次的電子が放出される（「一次的」電子は陽イオンと共に、プラズマ内に存在する）。カソード面から作り出された二次的電子は、カソードにぶつかる、陽イオンプラズマの三次元的形状を通常有する非線形の電子フィールドを形成する。次に、その二次的電子は、カソードの付近からアノードに向けて加速され、エミッタ内の低圧の気体を通過する過程にてほとんど衝突を経験しない。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの色々な構成要素を適正に設計し、且つ配置することにより、活発な二次的電子の広いフィールドをカソードにて形成し、且つエミッタから標的にに向けて加速することができる。図2は、ワイヤー放電プラズマイオン電子エミッタの構成要素の概略図であり、電流が細いワイヤーアノード12に印加されて、プラズマ14を発生させる。プラズマ14内の陽イオン16は、負に帯電したカソード18に向けて加速され、且つそのカソードと衝突して、広い面積の二次的電子クラウド20を解放し、この電子クラウドは、電極間の且つ標的に向けた電界の動作によりアノード12の方向に加速される。

10

20

【0028】

【0042】 本発明の1つの非限定的な実施の形態に従い、電子ビーム溶融炉の形態にて導電性の金属材料を溶融させる装置は、真空室（溶融室）と、該真空室内に配置され、且つ溶融材料を保持し得るようにされた炉床とを含む。少なくとも1つのワイヤー放電イオンプラズマエミッタが真空室内に又は真空室に隣接して配置されており、また、エミッタにより発生された非線形の広い面積の電子フィールドを室内に向けるよう位置決めされている。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有する非線形の電子フィールドを作り出す。鋳型又はその他の鋳造又は噴霧装置が室と連通状態に配置され、また、炉床から材料を受け取るように位置決めされている。例えば、チタン、チタン合金、タングステン、ニオブ、タantal、白金、パラジウム、ジルコニウム、イリジウム、ニッケル、ニッケル系合金、鉄、鉄系合金、コバルト、及びコバルト系合金のような、従来の電子ビーム溶融炉を使用して溶融させることのできる任意の材料を炉床を使用して溶融させることができる。

30

【0029】

【0043】 本発明に従った電子ビーム溶融炉の実施の形態は、導電性材料又はその他の合金添加物を真空室内に導入し得るようにされた2つ以上の材料供給装置を含むことができる。好ましくは、供給装置は、材料を炉床の少なくとも1つの領域の上方の位置にて真空室内に導入し、固体又は溶融形態の材料が重力にて下方の炉床内に落下するのを許容するようにする。供給装置の型式は、例えば、バー供給装置及びワイヤー供給装置とし、選ばれる供給装置の型式は、炉の特定の設計上の条件に依存するものとなるであろう。本発明による炉の特定の実施の形態において、材料の供給装置、及び炉の2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの少なくとも1つは、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタにより放出された電子フィールドが少なくとも部分的に、供給装置により室内部に導入された材料に衝突するよう配置されている。供給装置により真空室内に導入された材料が導電性である場合、電子フィールドは、十分な強度があるならば、その材料を加熱し、且つ溶融させるであろう。

40

50

【 0 0 3 0 】

【 0 0 4 4 】 本発明に従った溶融炉の実施の形態に組み込んだ炉床は、当該分野にて既知の色々な型式の炉床から選ぶことができる。例えば、炉は、冷間炉床、又はより特定のには、例えば、水冷式銅冷間炉床を真空室内に組み込むことにより、電子ビーム冷間炉床溶融炉の性質のものとすることができる。当業者に既知であるように、冷間炉床は、炉床内の溶融材料を炉床の表面に凍結させ、保護層を形成するための冷却手段を含んでいる。別の例として、炉床は、炉内にて溶融される合金にてめっきし又はその合金にて製作した炉床である、「自原的 (a u t o g e n o u s) 」炉床とすることができ、その場合、炉床の底面は、焼付きを防止するよう水冷式とすることができる。

【 0 0 3 1 】

【 0 0 4 5 】 真空室内に含めた特定の炉床は、溶融材料の保持領域を含むことができ、その場合、溶融材料は、特定の休止時間の間、その保持領域に止まり、その後、真空室と流体的に接続された鑄造又は噴霧装置に流れる。本発明に従った炉の特定の実施の形態において、炉床、及び少なくとも1つの炉の2つ以上ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタにより放出された電子フィールドが溶融材料の保持領域に少なくとも部分的に衝突するように配置されている。このようにして、電子フィールドは、溶融材料の保持領域内の材料を溶融状態に維持すべく印加することができ、また、電子フィールドの加熱作用が溶融材料をガス抜きし、且つ精製する働きをするようにすることができる。

【 0 0 3 2 】

【 0 0 4 6 】 本発明に従った炉の特定の非限定的な実施の形態は、溶融材料を鑄造する鑄型を含む。該鑄型は、例えば、静止鑄型、引抜き鑄型又は連続鑄造鑄型のような、当該分野にて既知の任意の適当な鑄型でよい。これと代替的に、炉は、例えば、溶融材料から粉体材料を製造する噴霧装置を含み、又は該噴霧装置と関係したものとしてもよい。

【 0 0 3 3 】

【 0 0 4 7 】 本発明に従った電子ビーム溶融炉の1つの特定の非限定的な例は、真空室と、該真空室内に配置された炉床とを含み、該炉床は、溶融材料の保持領域を含む。該炉は、真空室内に又は真空室に隣接して配置された2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを更に含む。炉床及び少なくとも1つのワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、エミッタにより作り出された電子フィールドが溶融材料の保持領域に少なくとも部分的に衝突するよう配置されている。引抜き鑄型は、真空室と連通しており、且つ、炉床から溶融材料を受け取るよう位置決めされている。少なくとも1つの供給装置が炉の内部に含まれており、且つ炉床の少なくとも1つの領域の上方にて材料を真空室内に導入し得るようにされている。

【 0 0 3 4 】

【 0 0 4 8 】 本発明に従った装置と関係して任意の適当なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを使用することができる。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの適当な実施の形態は、例えば、その開示内容の全体を参考として引用し、本明細書に含めた米国特許第4,025,818号明細書、米国特許第4,642,522号明細書、米国特許第4,694,222号明細書、米国特許第4,755,722号明細書及び米国特許第4,786,844号明細書に開示されている。適当なエミッタは、炉の真空室内に向けることができ、また、炉室内に配置された導電性の供給材料を所望の温度まで加熱する非線形の広い面積の電子フィールドを作り出すことができるものを含む。

【 0 0 3 5 】

【 0 0 4 9 】 ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの1つの実施の形態において、エミッタは、プラズマ領域と、カソード領域とを含んでいる。該プラズマ領域は、陽イオンを含むプラズマを作り出し得るようにされた少なくとも1つの細長いワイヤーアノードを含む。カソード領域は、カソードを負に帯電させ得るようにした高電圧電源と電氣的に接続されたカソードを含む。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタにおいて、プラズマを作り出すべく使用される電極は、プラズマ領域の長さに沿って位置決めされた1本

のワイヤー又は多数のワイヤーとすることができる。陽イオンがぶつかるカソードの少なくとも一部分は、電子を発生させるのに適した材料にて出来たものとする。エミッタのカソード領域内に配置されたカソードの特定の非限定的な実施の形態は、また、例えば、高い熔融温度及び低い作用機能を有し、電子の発生を促進するモリブデン挿入体のような、挿入体を含むこともできる。カソード及びアノードは、ワイヤーアノードにより発生されたプラズマ中の陽イオンが電極間の電界の影響の下、カソードに向けて加速され、且つカソードに衝突し、二次的電子の広い面積のフィールドをカソードから解放するように互いに位置決めされている。

【 0 0 3 6 】

[0 0 5 0] ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの特定の非限定的な実施の形態は、薄い電子透過性チタン又はアルミニウムフォイルのような、少なくとも1つの適当な電子透過性窓部を含み、この窓部は、炉の真空室の壁に開口する。電子透過性窓部を形成するための代替的な材料は、例えば、BN、ダイヤモンド、及び原子番号の小さい元素から成る特定のその他の材料を含む。本明細書にて説明したように、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのその他の実施の形態は、電子透過性窓部を含まず、この場合、エミッタのプラズマ領域は、熔融材料を保持する真空室と流体的に連通している。その何れの場合でも、得られた広い面積の電子フィールドは、炉室に入り、且つ室内の材料に衝突することができる。電子透過性窓が電子エミッタの内部を真空室から分離しない場合（本明細書にて更に説明するように）、電子フィールドは、電子エミッタから真空室内に投射されるとき、窓を通して流れる。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの特定の非限定的な実施の形態において、カソードと電氣的に連結された高電圧電源は、カソードを20,000ボルト以上の負電圧に給電する。この負電圧は、プラズマ内の陽イオンをカソードに向け、その後、二次的電子フィールドをカソードから且つアノードに向けて反発させる。

【 0 0 3 7 】

[0 0 5 1] ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ内の圧力が炉室内の圧力と実質的に相違する場合、フォイル窓部は、圧力の異なる2つの隣接する領域を隔離する働きをする。熱イオン電子ビーム銃のような、気体を保持しない電子エミッタに比して、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの1つの有利な点は、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、プラズマ源として作用するようプラズマ領域内に気体を含まなければならない点である。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、極めて低い気体圧力にて作動可能であるが、かかる装置は、また、比較的高い気体圧力にてても作動可能である。これに反して、従来の電子ビーム熔融炉は、一般に、超低圧の真空状態にて作動し、この場合、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ内の気体雰囲気気を炉室内の近真空環境から分離するため、電子透過性窓部が必要であろう。しかし、炉室内の気体圧力を従来の線形（熱イオンエミッタ）電子ビーム熔融炉内の超低圧のレベル以上に増大させることにより、炉室内での揮発性成分の気化を少なくすることができると考えられる。これらの従来の圧力レベルは、通常、 10^{-3} から 7.5μ (10^{-3} から 1 Pa) 内にあり、 15μ (2 Pa) を超えることはない。炉室内の圧力が従来のレベル、すなわち、 40μ (5.3 Pa) を超え、又はより好ましくは、 300μ (40 Pa) を超えるまで上昇させると、炉内の熔融材料の表面の圧力が上昇し、これにより、望ましくない気化を生じさせる推進力を減少させる。例えば、「真空金属加工における気化の理論的及び実験的アプローチ (Theoretical and Experimental Approach of the Volatilization in Vacuum Metallurgy)」にてH.デュバル (Duvall) らにより報告されたデータは、クロムの蒸気の輸送量は 4.27 Pa (35 ミリトル) アルゴンに比して、 66.7 Pa (500 ミリトル) アルゴンにて実質的に減少することを示唆している。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、既に、部分気体圧力の環境（典型的に、ヘリウム）が作用可能であることを要求しているため、本発明者らは、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ及び炉室の双方を実質的の同一の圧力にて作動させることが可能であり、その圧力は、電子エミッタが

作動するのを許容するのに十分高圧であり、且つ従来の電子ビーム炉内の圧力よりも高く、これにより炉室内での望ましくない気化を減少させることが可能であると考えられる。かかる場合、電子透過性窓部を省略し、エミッタ及び炉室内の気体環境は実質的に同一であるようにすることができる。これと代替的に、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの別の実施の形態において、該エミッタにより発生された電子は、電子透過性の気体不透過性窓部を通過し、該エミッタ内のイオン化可能な気体の圧力は、電子エミッタが作動するのに適しており、炉室は、電子ビーム炉内の圧力よりも高い圧力にて作動し、且つ望ましくない気化を最小にし又は減少させるのに適している。望ましくない元素の気化の減少は、強力な加熱点を作り出さない2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを利用することと、電子ビーム炉内にて従来よりも高い炉室の圧力とすることとの双方により、最適化することができることが理解されよう。

10

【0038】

【0052】 本発明に従った炉に関連して有用な電子ビーム溶融炉の可能な実施の形態及びワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの可能な実施の形態の更なる説明について、以下に記載する。

【0039】

【0053】 図3には、本発明に従った改良されたビーム溶融炉の1つの可能な非限定的な実施の形態が概略図にて示されている。炉210は、室の壁215により少なくとも部分的に規定された真空室214を含んでいる。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ216は、室214の外側にて、且つ室124に隣接して位置決めされている。ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ216は、広い面積の電子フィールド218を室214の内部に投射する。図1に示した従来の炉110に類似して、合金バー220は、バー供給装置219により室214内に導入される。溶融合金226は、少なくとも1つのワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ216の広い面積の電子フィールド218をバー220に衝突させることにより製造される。バー220から溶融させた溶融合金226は、水冷式銅炉床224内に落下し、且つ特定の休止時間、炉床224内に止まり、その炉床にて、合金は、エミッタ216により作り出された広い面積の2つ以上の電子フィールド218により加熱、ガス抜きされ、且つ精製される。溶融合金226は、最終的に、炉床224から銅鑄型230内に落下し、溶融したプール231を形成する。溶融したプール231は、最終的に、且つ漸進的に、鑄型230内にて凝固し、インゴット232を形成する。広い面積の電子フィールド218の少なくとも1つは、形成するインゴット232の凝固率を制御するのと同様の仕方にてプール231内の溶融合金を加熱することが好ましい。

20

30

【0040】

【0054】 上述したように、炉210のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ216は、従来の電子ビーム炉内にて使用される電子ビーム銃により作り出された実質的に線形ビームの点の包含範囲に比して、広い面積を包含する活発な電子フィールド又は「フラッド」を発生させる設計とされている。電子フィールドエミッタ216は、電子を広い面積にてまき拡げ、且つ材料に衝突し溶融させ、且つ（又は）炉210内にて溶融状態に維持される。エミッタが作り出す電子フィールドは、炉の室内にて広い面積を包含するから、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、従来の電子ビーム炉に比して、電子ビーム溶融炉内にて一層均一な温度を維持し、また、高度に収束した電子の点をラスタ走査することを不要にする。しかし、本発明に従った電子ビーム炉の特定の実施の形態は、所望に応じて、2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタにより発生された電子フィールドをステアするため、電界を発生させる構成要素又はその他の適当な構成要素を含むことができる。例えば、炉210内にて、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ216により作り出された広いフィールドを側方向にラスタ走査して、炉床224の端縁に対し追加的な熱を提供することが望ましいであろう。比較的広い面積をわたって電子の点源をラスタ走査するのではなくて、活発な電子フィールドにてその広い面積をフラッドさせることにより、従来の電子ビーム溶融炉を使用するとき生ずる実質的に線形

40

50

の電子ビームと関係した局所的に強力な加熱効果（例えば、単位面積当たりの電力）は、実質的に減少する。このことは、比較的極めて高温の点が形成されないことを理由として、比較的揮発性の合金成分の望ましくなく気化の程度を少なくとも実質的に減少させることになる。このことは、一方、従来の電子ビーム炉の設計に本来的な組成物の制御及び汚染の問題点を部分的に又は全体的に解消することになる。

【 0 0 4 1 】

[0 0 5 5] 上述したように、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの色々な実施の形態は、全体として、陽イオンプラズマを作り出すアノードを有する２つ以上の細長いワイヤーアノードを含み、プラズマは、カソードに衝突して、二次的電子のフィールドを発生させ、この電子フィールドは、加速して加熱すべき標的に衝突するようにすることができる。その他の関連しない用途にて以前から使用されている１つの既知の設計のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの概略図が図４に示されている。このエミッタ 3 1 0 は、その内部にて陽イオンプラズマが作り出されるイオン化領域又はプラズマ領域 3 1 4 と、カソード 3 1 8 を包含するカソード領域 3 1 6 とを含んでいる。プラズマ領域 3 1 4 は、イオン化可能な気体が低圧にて充填されており、また、その気体は、プラズマ領域内にてイオン化され、カチオンを保持するプラズマを作り出す。例えば、イオン化領域 3 1 4 は、例えば、約 2 0 ミリトルのヘリウムガスにて充填することができる。小径の細長いワイヤーアノード 3 1 9 は、長いプラズマ領域 3 1 4 を通って流れる。正電圧が電源 3 2 2 によりワイヤーアノード 3 1 9 に印加され、このことは、ヘリウムガスをイオン化してヘリウムカチオン及び自由電子（「一次的電子」）から成るプラズマにする工程を開始する。ヘリウムガスのイオン化が開始されると、プラズマは、細いワイヤーアノード 3 1 9 に電圧を印加することにより支えられる。プラズマ内の正に帯電したヘリウムイオンは、高い負の電位に維持された引出し格子 3 2 6 を通じてイオン化室 3 1 4 から引き出され、且つ高い電圧空隙を通してカソード領域 3 1 6 内に加速され、このカソード領域内にて、プラズマ中のカチオンは、高い負電圧のカソード 3 1 8 にぶつかる。カソード 3 1 8 は、例えば、被覆し又は非被覆の金属又は合金とすることができる。ヘリウムイオンがカソード 3 1 8 に衝突すると、カソード 3 1 8 から二次的電子が解放される。高電圧の空隙 3 2 8 は、引出し格子 3 2 6 を通ってプラズマ領域 3 1 4 内に、次に、電子に対して比較的透過性の材料にて出来た薄い金属フォイル窓部 3 2 9 を通して、ヘリウムカチオンが移動する方向と反対の方向に向けて二次的電子を加速する。上述したように、電子エミッタ及び炉室内の相対的な気体圧力に依存して、フォイル窓部 3 2 9 を省略することが可能であり、この場合、エミッタにより作り出された電子は炉室に直接、入るであろう。

【 0 0 4 2 】

[0 0 5 6] ワイヤー電極 3 1 9 及びカソード 3 1 8 は、正に帯電したヘリウムイオンのカソード 3 1 8 への移動を一層促進する設計及び配置とすることができる。また、カソード 3 1 8 及び引出し格子 3 2 6 は、格子 3 2 6 を通る二次的電子の透過を最大にし、且つフォイル窓部 3 2 9（存在するならば）への侵入に適したビーム外形を有する設計及び配置とさせることができる。エミッタ 3 1 0 から出る広い面積の活発な電子フィールドは、フォイル窓部 3 2 9 と対向する位置にて、且つ溶融炉の真空室内に位置決めされた標的に衝突するよう向けることができる。また、窓部 3 2 9 は、エミッタ 3 1 0 からの電子の透過を最大にし得るよう可能な限り薄い寸法とすることができる。エミッタ 3 1 0 内にて僅かな真空環境を維持しつつ、十分な電子の透過を許容する厚さを有するアルミニウム型式又はチタン型式のフォイルを必要であるならば、フォイル窓部 3 2 9 として使用することができる。装置の窓として（存在するならば）使用することのできるその他の適当に丈夫で且つ許容可能な電子透過性材料は当業者に既知であろう。本明細書にて全体的に説明したように、窓部 3 2 9 は、エミッタ 3 1 0 内部の圧力と標的を保持する真空室内との圧力差が大きくないならば、省略することができる。

【 0 0 4 3 】

[0 0 5 7] 本発明に従って、実質的に線形の電子ビームを作り出す電子ビーム銃の代替品として、例えば、エミッタ 3 1 0 のような、２つ以上のワイヤー放電イオンプラズ

マ電子エミッタを、電子ビームの溶融炉内の真空室内に活発な電子を供給するため提供することができる。図5に示したように、本発明に従った電子ビーム溶融炉330の1つの非限定的な実施の形態は、真空室311に隣接して位置決めされた2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ310を含んでいる。広い面積の電子フィールド332は、フィルム窓部329を通してエミッタ310から出て、且つ炉床336内にて溶融合金334の表面の少なくとも1つの領域にてフラッドして、これにより合金を加熱して、合金を溶融状態に維持する。炉床336内にて合金に衝突する電子は、比較的広い面積にわたってまき上げられるから、任意の特定の局所的領域内にて溶融材料上に収束されたエネルギーは、合金からの元素の気化レベルが問題となる程、十分に大きくはなく、これにより、従来の電子ビーム溶融炉の使用に本来的な合金の汚染及び不均一性という問題点を減少させ又は解消する。上述したように、エミッタ310と真空室311との作用圧力差が大きくない場合、フィルム窓部329を省略することができる。また、上述したように、真空室311は、従来の圧力よりも高い圧力にて作動し、望ましくない元素の気化を更に減少させ又は解消することが好ましく、かかる場合、電子エミッタを炉室から仕切るフィルム窓部の必要性は、この場合にも、設計に本来的な特定の圧力差に依存するものとなるであろう。選択的に、真空室311内の溶融過程を更に良く制御するため、広い面積の電子フィールドを磁氣的にステアする構成要素を提供することができる。

10

【0044】

[0058] 図5は、単一の電子エミッタを含む、本発明に従ったワイヤー放電イオンプラズマ電子溶融炉の1つの実施の形態の簡略化した図を示すが、当業者には、かかる装置の実際の又は代替的な実施の形態は、多数のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを有することができることが明らかであろう。また、2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタをかか装置に組み込んで、次のことを行うこと、すなわち、(1)例えば、合金バー又はワイヤーの形態にて炉内に導入された原材料を溶融させること、(2)炉の炉床内に滞在する溶融合金を合金の溶融温度以上の温度に維持すること(また、可能であれば、溶融合金のガス抜き及び(又は)精製を行うこと)、(3)増分的に前進する鑄造したインゴットの表面上における溶融プールの所望の領域を溶融状態に維持し、これによりインゴットの凝固率に所望の仕方にて影響を与えることができることが明らかであろう。また、特定の実施の形態において、従来の実質的に線形の電子ビームを作り出す2つ以上の電子ビーム銃と共に、2つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを使用することができる。

20

30

【0045】

[0059] 図6及び図7は、本発明に従った電子ビーム溶融炉内の1つの実施の形態にて活発な電子の供給源として使用し得るようにすることのできるワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ510の1つの実施の形態に係る詳細を提供する。図6は、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの実施の形態510の一部分断面図とした斜視図である。図7は、エミッタ510の作用を簡略化した仕方にて示す概略図である。エミッタ510は、カソード領域511と、イオン化領域すなわちプラズマ領域514と、電子透過性フォイル窓部515とを含む電気接地した囲い物513を含んでいる。細長いワイヤー電極516が長いイオン化領域514を通して伸びている。フォイル窓部515は、室513と電氣的に連結され、これにより、アノードを形成し、このアノードは室513内の電子を加速して、室513から矢印「A」の方向に出るようにする。室513は、1-10ミリトルのような、低圧のヘリウムガスが充填されており、また、該室513には、気体供給源517により気体が供給される。気体供給源517は、弁521を通る導管519により囲い物513と接続されている。導管524により室513と接続されたポンプ523により室513内にて僅かな真空環境が維持されている。

40

【0046】

[0060] カソード領域511は、カソード518を含む一方、該カソードは、その下面に取り付けた挿入体520を含んでいる。挿入体520は、例えば、モリブデンから成るものとすることができるが、適度に大きい二次的電子の透過率を有する任意の材料

50

から成るものとする事ができる。カソード518は、パッシェン(Paschen)破壊を防止するため、囲い物513の壁から適度に均一に隔てられている。カソード518は、絶縁体526を通して抵抗器528内に伸びるケーブル525により高電圧の電源522に連結されている。電源522は、例えば、200-300KVのような高い負電位をカソード518に供給する。カソード518及び挿入体520は、例えば、導管527を通して循環する油又は別の適当な冷却流体等によって適当に冷却することができる。

【0047】

[0061] イオン化領域514は、電氣的に且つ機械的に連結された複数の薄い金属リブ530を含んでいる。リブ530の各々は、ワイヤー電極516がイオン化室514を貫通して伸びるのを許容する中央の切欠き領域を含んでいる。カソード518に面するリブ530の側部は、引出し格子534を形成する。リブ530の全部分又は一分の反対側部は、電子透過性フォイル窓部515に対する支持格子536を提供する。冷却流体をリブ530内にて且つその近くにて循環させ、イオン化領域514から熱を除去するため冷却通路540を設けることができる。例えば、アルミニウム又はチタンフォイルにて出来た電子透過性フォイル窓515は、格子536にて支持され、且つ囲い物513内にて高圧の真空ヘリウム気体環境を維持するのに十分なO-リング又はその他の構造体により囲い物に対して密封されている。エミッタ510の特定の実施の形態において、加圧した窒素等によってフォイル窓部515を冷却すべく気体マニホールドが設けられている。本明細書にて全体として説明したように、エミッタ510の室513の内部と電子フィールドの標的を保持する室との間の圧力差が大きくない場合、窓部515は省略することができる。

10

20

【0048】

[0062] 電気制御装置548は、コネクタ549を介してワイヤー電極516と接続されている。制御装置548を作動させると、ワイヤー電極516は、高い正電位に励起され、また、イオン化領域514内のヘリウムは、イオン化されてヘリウムカチオンを含むプラズマを作り出す。プラズマがイオン化領域514内にて生成されたとき、電源522によりカソード518が励起される。イオン化領域514内のヘリウムカチオンは、カソード518からプラズマ領域514内に伸びる電界によってカソード518に電氣的に吸引される。ヘリウムカチオンは、フィールド線に沿って引出し格子534を通して移動しカソード領域511に入る。カソード領域511内にて、ヘリウムカチオンは、励起したカソード518により発生された電界の全電位を渡って加速され、且つカチオンの平行化ビームとしてカソード518に強制的に衝突する。ぶつかるカチオンは、二次的電子を挿入体520から自由にする。挿入体520により作り出された二次的電子フィールドは、ヘリウムカチオンの移動方向と反対の方向に、ワイヤー電極516に向けて、且つフォイル窓部515(存在するならば)を通して加速される。

30

【0049】

[0063] 圧力の変化はヘリウムイオンプラズマの密度に影響を与える一方、カソード518にて発生された二次的電子フィールドの密度に影響を与えるため、室513内の実際の気体圧力を監視する手段を設けることができる。弁521を適切に調節することにより、囲い物513内にて初期圧力を設定することができる。カチオンを保持するプラズマがプラズマ領域514内にて生成されたとき、室513内の瞬間的な静圧力を間接的に監視するため電圧モニター装置550を設けることができる。電圧の上昇は室の圧力が低いことを示す。電圧モニター装置550の出力信号を使用して、弁コントローラ552を通じて弁521を制御する。制御装置548によりワイヤー電極516に供給される電流は、また、電圧モニター装置550の信号により制御される。気体供給弁521及び制御装置548を制御すべく電圧モニター装置550によって発生された信号を利用することは、エミッタ510からの電子フィールドの出力を安定化させることを可能にする。

40

【0050】

[0064] エミッタ510により発生された電流は、カソード518にぶつかるカチオンの密度により測定することができる。カソード518にぶつかるカチオンの密度は

50

、制御装置 5 4 8 を通してワイヤー電極 5 1 6 の電圧を調節することにより制御することができる。カソード 5 1 8 から放出される電子のエネルギーは、電源 5 2 2 を通してカソード 5 1 8 の電圧を調節することにより制御することができる。放出された電子の電流及びエネルギーの双方は、独立的に制御し、これらのパラメータと印加された電圧との間の関係は線形であり、エミッタ 5 1 0 の制御を効率的で、且つ効果的なものにする。これに反して、従来の熱イオン電子ビーム銃は、ビームのパラメータを調節するとき、対応する線形の仕方にて制御することはできない。

【 0 0 5 1 】

[0 0 6 5] 図 8 は、本発明に従った電子ビーム溶融炉の 1 つの実施の形態の概略図であり、炉 6 1 0 は、全体として、図 6 及び図 7 に示し、且つこれの図面に関して上述したような設計を有する 2 つのワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 6 1 4、6 1 6 を組み込んでいる。炉 6 1 0 は、真空室 6 2 0 と、材料の供給装置 6 2 2 と、鑄造装置又は噴霧装置 6 2 4 とを含んでいる。上述したように、エミッタ 6 1 4、6 1 6 が作動するのに必要な電流は、電力線 6 2 6 によりエミッタに供給され、エミッタ 6 1 4、6 1 6 と真空室 6 2 0 との間の相互接続部は電子透過性フォイル窓部 6 3 4、6 3 6 を有しており、該窓部は、エミッタ 6 1 4、6 1 6 により発生された電子フィールド 5 3 8 が真空室 6 2 0 に入るのを許容する。エミッタ 6 1 4、6 1 6 内の作動圧力及び真空室内の作動圧力が同一又は実質的に相違しない場合、フォイル窓部 6 3 4、6 3 6 を省略することができる。電子フィールド 6 3 8 を磁氣的にステアする手段 6 3 9 を真空室 6 2 0 内に含め、更なる工程の制御を行うことができる。例えば、冷間炉とすることのできる炉床 6 4 0 が真空室 6 2 0 内に配置されている。作動時、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 6 1 4、6 1 6 は励起され、且つ電子フィールド 6 1 8 を発生させる。導電性の供給材料 6 4 4 が供給装置 6 2 2 により真空室 6 2 0 内に導入され、エミッタ 6 1 4 から放出された電子フィールド 6 3 8 によって溶融されて炉床 6 4 0 に落下する。エミッタ 6 1 6 により発生された広い面積の電子フィールド 6 3 8 は、炉床 6 4 0 内に滞在する間、溶融材料 6 4 2 を加熱し、ガス抜きし、且つ精製する。溶融材料 6 4 2 は、炉床 6 4 0 に沿って前進し、且つ鑄造装置又は噴霧装置 6 2 4 内に落下し、所望の形態に加工される。

【 0 0 5 2 】

[0 0 6 6] 例えば、本発明の上述したワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、イオンプラズマ電子エミッタの色々な非限定的な実施の形態は、従来の熱イオン電子ビーム銃よりも高い真空圧力にて作動することができる。溶融炉をこれらの高い圧力にて作動させることは、上記に更に詳細に説明したように、溶融する材料内の揮発性成分の気化を減少させることができる。しかし、これらの揮発性成分の任意のものが溶融炉内にて高い蒸気圧力状態下にてさえ、溶融材料から沸騰し、溶融炉の比較的冷間の室の壁に凝縮する場合、形成された凝縮物は、室の壁から剥がれ、溶融体中に落下する。溶融体中に落下する凝縮物は、溶融体を介入物にて汚染させ、且つ（又は）溶融体の化学的性質に局所的変化を生じさせる。当該発明者は、イオンプラズマ電子エミッタ溶融炉及びその他の型式の溶融炉内にてかかる凝縮物の形成を防止し又は阻止する装置及び方法を開発することが有益であろうことを知った。

【 0 0 5 3 】

[0 0 6 7] 従って、本発明は、一部分、イオンプラズマ電子エミッタの形態とされた少なくとも 1 つの補助電子エミッタを含む装置に関するものであり、これは、例えば、導電性の金属材料を溶融させるため、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、2 つ以上のイオンプラズマ電子エミッタを備える溶融炉と共に使用する構成とされたワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのようなものである。本発明に従った別の非限定的な実施の形態は、例えば、2 つ以上の熱イオン電子ビーム銃及び（又は）その他の溶融装置を備える溶融炉と共に使用する構成とされた補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、イオンプラズマエミッタの形態をした少なくとも 1 つの補助電子エミッタを含む装置に関する。本発明に従った補助電子エミッタは、電子源としてイオンプラズマ電子エミッタを備えているため、これは、本明細書にて補助イオンプラズマ電子エミッタ

タ、補助電子エミッタとして、又は一例としての実施の形態にて補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタと称する。当業者は、本明細書を検討したとき、本明細書にてワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ及び補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタについて詳細に説明したが、任意のその他の適当なイオンプラズマ電子エミッタ又は補助イオンプラズマ電子エミッタを使用することができ、且つこれは、本発明の範囲に属するものであることが認識されよう。その他の適当なイオンプラズマ電子エミッタ及びその他の適当な補助イオンプラズマ電子エミッタの例については、以下に更に詳細に説明する。更に、以下に説明するように、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ及び補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの「ワイヤー」は、例えば、円形、線形、四角形、矩形、長円形、楕円形、又は三角形の形状のような任意の適当な形状に形成し、色々な形状の断面積又は外形を有する電子フィールドを形成することができる。

10

【 0 0 5 4 】

[0 0 6 8] 特定の非限定的な実施の形態において、本発明に従った補助電子ビームエミッタは、上述した色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタと同一又は類似の仕方にて構成され、且つ機能するワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを備えることができる。例えば、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、陽イオンを含むプラズマを作り出す構成とされた細長いワイヤーアノードと、カソードを負にて帯電させる構成とされた高電圧の電源と電氣的に接続されたカソードを含むカソード領域とを備えることができる。色々な非限定的な実施の形態において、カソードは、ワイヤー電極に対して位置決めされ、ワイヤー電極により発生された陽イオンがカソードに向けて加速され、且つカソードに衝突し、カソードから電子を解放し、且つ例えば、収束した電子フィールドのような電子フィールドを作り出すことができる。収束した電子フィールドは、例えば、電磁石を使用することにより電磁的に「収束させ」且つ（又は）溶融室の適当な領域に向けることができる。本明細書の目的上、「収束した電子フィールド」という語は、少なくとも電磁的に収束された後、上述した色々なイオンプラズマ電子エミッタにより放出された電子フィールドの断面積（以下、「広い面積の電子フィールド」と呼ぶ）よりも小さい断面積を有するフィールドを意味する。電子フィールドの収束は、例えば、単位面積当たりより大きい電子密度を提供することにより、電子フィールドをより高電力にて作動させることができる。本明細書にて電子フィールドの「断面積」又は「断面外形」に言及するとき、断面積は、時間の特定の時点にて色々な電子フィールドの移動路に対し実質的に垂直な方向をとることを理解すべきである。

20

30

【 0 0 5 5 】

[0 0 6 9] 特定の非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、上述した、色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタにより発生された低電力、低密度及び非収束の電子フィールドと比較したとき、上述した色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタよりも高電力にて作動し、高電力、高い電子密度、及び（又は）収束した電子フィールドを提供することができる。一例としての実施の形態において、カソードがより高い負電圧に帯電され、次に、電子フィールドの電子エネルギーは、カソードから出る自由電子の電子エネルギーが大きいため、一層大きくなるであろう。更に、アノードにより高い電圧が印加された場合、アノードにて作り出されるイオンが多量であるから、電子フィールドの電子密度は一層大きくなるであろう。別の一例としての実施の形態において、アノード及びカソード（負の電圧）の双方に高い電圧を印加し、より大きいエネルギーで且つ高密度の電子フィールドを作り出すことができる。次に、この電子フィールドは、電磁的に収束させ且つ（又は）溶融体の一部分に向けることができる。従って、かかる実施の形態の収束した電子フィールドを使用して凝縮物、溶融体中の凝縮物、溶融体中の凝固部分、及び（又は）例えば、溶融体中の非溶融部分を溶融させることができる。収束した電子フィールドを使用して、真空室の色々な領域にて溶融炉の真空室内の溶融材料を適当な温度に維持することができる。凝縮物、凝固部分、及び（又は）溶融体中の非溶融部分が真空室の領域内に滞在する時間が短いため、より高エネルギー、高密度、及び（又は）より収束した電子フィールドを使用することができる。従って、凝縮

40

50

物、凝固部分、及び（又は）非溶融部分を真空室の別の領域内に移動する前、溶融させることが望ましい。補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、ステア可能にし、補助電子エミッタにより発生された収束した電子フィールドの方向は、例えば、溶融炉の真空室内の任意のその他の適当な領域に動かし、且つ（又は）向けることができ、その収束した電子フィールドが形成し又は凝固するインゴットの１つの領域に衝突するようにすることができる。１つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールドは、形成し又は凝固するインゴットの領域に衝突し、溶融プール２３１の凝固動力学に、従って、例えば、固体インゴット２３２の特徴に有益な影響を与えることができる。

【００５６】

【００７０】 当業者は、本発明の補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、例えば、上述した色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの適当な特徴を備えることができることが認識されよう。従って、また、簡略化のため、これらの特徴は、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタに関してこの部分にて特定の言及はしない。上述した図１－８の任意の構成要素、要素及び（又は）部分と同一の番号を付した図９－１５の任意の構成要素、要素及び（又は）部分は、同一の又は類似のものとし、且つ同一の又は類似の構成及び（又は）機能を有することができる。また、図１－８に示した色々な一例としての実施の形態に関して上述した任意の構成要素、要素及び（又は）部分は、図９－１５にて説明した色々な一例としての実施の形態と共に使用することができる。

【００５７】

【００７１】 １つの非限定的な実施の形態において、図９を参照すると、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００は、溶融炉２１０の真空室２１４内に又は該真空室に隣接して位置決めすることができる。該補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００は、２つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ２１６と共に又は独立的使用することができる。１つの非限定的な実施の形態において、２つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ２１６を使用して、金属材料のバー２２０を加熱し、且つ溶融させることができ、また、２つ以上のワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ２１６を使用して炉床２２４内の溶融金属材料２２６を加熱し、且つ精製することができる。特定の非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００を使用し、真空室２１４の壁２１５上に形成された任意の凝縮物、及び（又は）炉床２２４内に存在する溶融金属材料中の凝縮物を含む任意の凝固部分を溶融させることができる。その他の非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタを使用して、本明細書にて説明したように、形成し又は凝固するインゴット２３２の溶融プール２３１又はその他の領域を加熱することができる。

【００５８】

【００７２】 従って、色々な非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００は、室の壁２１５上に形成された凝縮物を選択的に溶融させ、これにより、固体の凝縮物が室の壁２１５から剥がれ、且つ溶融した材料２２６内に落下する可能性を防止し又は少なくし得るようにすることができる。また、色々な非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００は、例えば、炉床２２４に沿った所望の領域を更に加熱し、例えば、溶融材料２２６中の凝縮物のような、固体を溶融させ、且つ（又は）炉床２２４に沿った２つ以上の領域にて溶融材料２２６を溶融状態に維持し得るようにすることができる。更に、色々な非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００は、溶融プール２３１の領域を加熱し、且つ溶融プール２３１の凝固動力学及びインゴット２３２の特徴に有益に影響を与え得るようにすることができる。補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ７００により放出された収束した電子フィールドを溶融プール２３１に印加することは、引き抜く間、インゴット２３２の表面仕上げを改良し、インゴット２３２内の金属の引裂きを最小にし、且つ（又は）例えば、インゴット２３２の形成される微細構造に有益な影響を与えることができる。

【００５９】

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】 1つの非限定的な実施の形態において、図 9 を更に参照すると、該補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 7 0 0 は、例えば、収束した電子フィールド 7 0 2 のような、収束した電子フィールドを作り出す構成とされている。この収束した電子フィールド 7 0 2 は、三次元的電子フィールドであり、このため、標的に衝突するとき、従来の熱イオン電子ビーム銃により発生された実質的に線形の電子「ビーム」よりも遥かに大きい領域を包含する。しかし、該収束した電子フィールド 7 0 2 は、例えば、上述したように、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 2 1 6 により放出された、比較的広い面積の電子フィールド 2 1 8 により包含される領域よりも小さく又は遥かに小さい面積を有する領域を包含することができる。1つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド 7 0 2 は、溶融炉の真空室内にて標的に衝突するとき、例えば、 3.22 cm^2 (0.5 inch^2) から 322.58 cm^2 (50 inch^2)、代替的に、 6.45 cm^2 (1 inch^2) から 193.54 cm^2 (30 inch^2)、代替的に、 6.45 cm^2 (1 inch^2) から 129.03 cm^2 (20 inch^2) の面積を有することができる。収束した電子ビームは、特定の実施の形態において、該ビームが凝縮物又は溶融体内のその他の固体部分と衝突することができるようステア可能又は少なくとも方向決め可能である。当業者は、本発明を検討したとき、収束した電子フィールドは、特定の用途にあった任意の適当な断面積又は外形を有することができることが認識されよう。

10

【 0 0 6 0 】

【 0 0 7 4 】 1つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド 7 0 2 の断面積及び（又は）断面形状は、例えば、補助電子エミッタのアノード及びカソードの寸法及び形状の関数とすることができる。例えば、特定の非限定的な実施の形態において、アノード及びカソードは、比較的大きい寸法のものとし、また、収束した電子フィールド 7 0 2 は、比較的大きい断面積を包含するものとする。しかし、この相対的に大きい断面積は、全体として、広い面積の電子フィールドの断面積よりは小さいが、従来の熱イオン電子エミッタにより放出された実質的に線形の「ビーム」の実質的に「スポット」の包含範囲よりは実質的に大きい。この収束した電子フィールドは、また、例えば、アノードの形状に基づく円形又は四角形のような、色々な断面形状を有するようにしてもよい。1つの非限定的な実施の形態において、カソードと共に、円形の形状を有するアノードを使用し、例えば、円形又は実質的に円形の断面形状を有する収束した電子フィールドを作り出すことができる。

20

30

【 0 0 6 1 】

【 0 0 7 5 】 1つの非限定的な実施の形態において、図 9 を再度参照すると、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 2 1 6 は、第一の断面積を有する少なくとも1つの第一の電子フィールド 2 1 8 （すなわち、広い面積のフィールド）を放出することができる。補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 7 0 0 は、第二の断面積を有する収束した電子フィールド 7 0 2 のような、第二の電子フィールドを放出することができる。色々な実施の形態において、第一の断面積は、第二の断面積よりも大きくし、同一又はより小さくすることができる。特定の電子フィールドが凝縮物、溶融材料中の固体部分、形成し又は凝固するインゴットの領域、及び（又は）真空室のその他の領域に衝突したとき、電子フィールドが包含する面積を意味するものとする。

40

【 0 0 6 2 】

【 0 0 7 6 】 1つの非限定的な実施の形態において、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 7 0 0 により放出された収束した電子フィールド 7 0 2 は、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 2 1 6 により放出された広い面積の電子フィールドよりも小さい断面積を有している。当該実施の形態において、収束した電子フィールド 7 0 2 は、ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ 2 1 6 により放出された広い面積の電子フィールドよりも収束させ且つ選択的により高電力（例えば、より高い電子密度及び（又は）より高エネルギーの電子）であるようにすることができる。収束した電子フィールド 7 0 2 の高い電子密度は、アノードに対しより高電圧を印加して、例えば、アノードにてより多く

50

のイオンを作り出し、このため、カソードから来るより多くの二次的電子を作り出すことにより形成することができる。収束した電子フィールド702の電力は、増大又は減少させて、溶融体の凝縮物又は固体部分を適当に溶融させることができる。かかる1つの実施の形態において、カソードの電子の加速電圧(kV)、及び電子の電流(kW)は、例えば、適当に溶融させるよう変化させることができる。1つの非限定的な実施の形態において、電子の電流(kW)を増大させ、より迅速な溶融を生じさせることができる。その他の非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド702を更に収束させ、収束した電子フィールド702内の電子の密度を増し、これにより、より迅速な溶融を生じさせることもできる。

【0063】

[0077] 1つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド702は、溶融合金226又は溶融プール231内の任意の凝縮物、凝固した部分及び(又は)非溶融部分に向けることができる。更に、特定の実施の形態において、収束した電子フィールド702は、溶融プール231に向け、溶融材料がインゴット232に凝固する状態に影響を与えることができる。また、収束した電子フィールド702は、凝縮物を有する室の壁215の領域に向け、溶融炉210の凝縮物又はその他の領域を溶融させることができる。

【0064】

[0078] 図9を再度、参照すると、収束した電子フィールド702は、例えば、ステアリングシステム704のようなステアリングシステムにより向けることもできる。該ステアリングシステム704は、例えば、2つ以上の電子フィールド及び(又は)磁界を発生させ、且つ操作して収束した電子フィールド702をステアし、その電子フィールドを溶融炉210の真空室214内の所望の領域に又は物に衝突させることができる。例えば、磁気偏向のような、電子フィールドの方向の操作のため、当業者に知られた従来の技術及び装置は、ステアリングシステム704内にて適当に使用し得るようにすることができる。電子フィールドを操作する技術及び装置は、当業者に知られていることを考えて、これらについて本明細書にて詳細には説明しない。また、例えば、ステアリングシステム704は、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタ700により発生された収束した電子フィールド702を溶融炉210の真空室214内の特定の領域の回りにて選択的にラスタ走査する設計とすることができる。電子ビームをラスタ走査するため、当業者に知られた色々な従来の技術及び装置は、ステアリングシステム704にて適当に使用し得るようにすることができる。電子フィールドをラスタ走査するかかる技術及び装置は当業者に知られていることを考慮して、これらについて本明細書にて詳細には説明しない。1つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド702をラスタ走査することは、フィールドを室の壁215上の凝縮材料の領域上にて迅速に動かし、炉床224内にて材料の凝固部分又は非溶融部分上にて凝縮体を溶融させ、材料を溶融させ且つ(又は)溶融プール231上にて材料を溶融させ、形成されるインゴット232の凝固に所望通りの影響を与えることができる。また、収束した電子フィールド702のラスタ走査を採用して余分な電力又はエネルギーが収束した電子フィールド702により凝縮体、凝固部分、及び(又は)収束したフィールド702が衝突する溶融材料に伝送される可能性を無くし、又は少なくとも減少させるのを助けることができる。余分なエネルギー/単位面積及び(又は)電子密度/単位面積を凝縮体、凝固部分、及び(又は)溶融材料に加えることは、凝縮体又は材料中の揮発性成分を気化させ、このことは、室の壁215上への材料の凝縮を悪化させる可能性がある。1つの非限定的な実施の形態において、ステアリングシステム704を使用して収束した電子フィールド702を溶融炉210内の任意の適当な位置に向けることができる。

【0065】

[0079] 1つの非限定的な実施の形態において、収束した電子フィールド702に対するステアリングシステムは、選択的に作動させ、操作者が収束した電子フィールド702を溶融及び(又は)再加熱を必要とする溶融体の特定の部分に特定の向けること

10

20

30

40

50

ができるようにする。かかる選択的なステアリングシステムは、ステアリング装置 704 又はその他のステアリング装置を移動させ、これにより収束した電子フィールド 702 を溶融体中の凝縮物の粒子上のような、真空室内の適当な領域に向けることができる。その他の非限定的な実施の形態において、例えば、電磁石のような色々なステアリング装置を真空室内にて適正に配列し、収束した電子フィールド 702 を真空室の所定の領域に向けることができ、且つ（又は）操作者によって、例えば、真空室の第一の所定の領域と真空室の第二の所定の領域との間にて選択的に移動させることができる。

【0066】

【0080】 図 10 には、例えば、電子ビーム溶融炉 610 内に含めたワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、補助イオンプラズマ電子エミッタ 700' の別の非限定的な実施の形態が示されている。電子ビーム溶融炉 610 の色々な要素は、図 8 に含め且つ上述したように、参照番号により識別されている。補助イオンプラズマ電子エミッタ 700' は、収束した電子フィールド 700 に類似した収束した電子フィールド 702' を放出し、この電子フィールドは、炉床 640 内に配置された溶融材料 642 及び（又は）溶融材料 642 中の固体（例えば、室の壁から落下した凝縮物）に衝突するようにすることができる。1つの非限定的な実施の形態において、補助イオンプラズマ電子エミッタ 700' は、例えば、上述した構造を有することのできるステアリングシステム 704' を含むことができる。

【0067】

【0081】 図 11 に概略図で示した 1つの非限定的な実施の形態において、一例としてのステアリングシステムは、補助イオンプラズマ電子エミッタ 700 又は 700'（全体的に「700」にて表示）と共に使用し得るようにされている。補助イオンプラズマ電子エミッタ 700 の収束した電子フィールド 702 用のステアリングシステムは、第一の磁気及び（又は）電気ステアリング装置 706 と、第二の磁気及び（又は）電気ステアリング装置 708 とを備えることができる。第一のステアリング装置 706 を、収束した電子フィールド 702 の第一の側部に配置し、第二のステアリング装置 708 を収束した電子フィールド 702 の第二の側部に配置することができる。第一及び第二のステアリング装置 706、708 は、収束した電子フィールド 702 を所望の方向に向けるよう変換可能な磁界及び（又は）電界をその間にて発生させる構成とすることができる。その結果、第一及び第二のステアリング装置 706、708 を使用して収束した電子フィールド 702 を溶融炉の真空室の所望の領域又は位置に向けることができる。ステアリングシステムは、追加的なステアリング装置を含み、収束した電子フィールド 702 を、真空室内の任意の適当な方向に向けることができる。図 11 に示した一例としてのステアリングシステムを使用して、収束した電子フィールド 702 を収束させ又は更に収束させることができる。

【0068】

【0082】 収束した電子フィールド 702 用のステアリングシステムの別の非限定的な実施の形態が図 12 に概略図で示されている。かかる 1つの実施の形態において、ステアリングシステムは、収束した電子フィールド 702（図 12 に図示しないが、図面に対し全体的に垂直に経路内に突き出している）の回りに位置決めされた 2つ以上のステアリング装置 710 を備えることができる。上記の第一及び第二のステアリング装置 706、708 と類似して、ステアリング装置 710 は、収束した電子フィールド 702 に作用する構成とされた磁界及び（又は）電界を各々発生させることができる。例えば、2つ以上、3つ以上又は 4つ以上のステアリング装置 710 を提供することにより、収束した電子フィールド 702 は、溶融炉の真空室内の任意の所望の領域又は物に正確に向けることができる。当業者は、電子フィールドをステアリングするためのその他の従来のシステムを本明細書にて上述した補助イオンプラズマ電子エミッタと共に使用して収束した電子フィールド 702 の方向をステアすることができることが認識されよう。図 11 の一例としてのステアリングシステムに類似して、図 12 の一例としてのステアリングシステムを使用して、電子フィールド 702 を収束し又はその収束した電子フィールドを更に収束する

こともできる。

【 0 0 6 9 】

[0 0 8 3] 1つの非限定的な実施の形態において、導電性の金属材料の溶融装置は、第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを作り出す構成とされた補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタと、収束した電子フィールドを向けて導電性の金属材料の少なくとも一部分に衝突させ、任意の固体の凝縮体又はその他の固体を溶融させる構成とされたステアリングシステムとを備えることができる。収束した電子フィールドを、ステアリングシステムによって溶融プール、又は形成し又は凝固するインゴットのその他の領域に向け、インゴットの凝固動力学に有益な影響を与えることもできる。かかる非限定的な実施の形態において、該装置は、第二の形状を有するワイヤー電極と、第三の形状を有するカソードとを備えることができる。少なくとも1つの実施の形態において、第一の形状は、第二の形状及び（又は）第三の形状に実質的に類似し又は同一のものとすることができる。電子フィールドの断面外形の第一の形状は、例えば実質的に円形、三角形、矩形、四角形、長円形又は楕円形の形状とし、又は、任意のその他の適当な形状とすることができる。このように、当業者は、収束した電子フィールドの断面外形の第一の形状は、凝縮物の溶融、溶融体中の固体の溶融、溶融体中の金属材料の非溶融部分の溶融、及び（又は）凝固するインゴットの溶融プールを所望の仕方にて加熱するのに適した任意の形状とすることができることが認識されよう。例えば、実質的に三角形の断面外形を有する収束した電子フィールドが所望である場合、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、実質的に三角形のワイヤー電極及び（又は）実質的に三角形のカソードを含むことができる。

10

20

【 0 0 7 0 】

[0 0 8 4] 1つの非限定的な実施の形態において、イオンプラズマ電子エミッタ又は補助イオンプラズマ電子エミッタは、ワイヤー状のアノード以外のアノード（又はカチオンを作り出す電極）を備えることができる。かかる1つの実施の形態において、アノードは、カソードから放出された収束した電子フィールドが容易に通過するのを許容する構成とされた導電性の薄い板、シート又はフォイルとすることができる。その他の実施の形態において、アノードは、任意のその他の適当な構成のものとするすることができる。導電性の薄い板、シート又はフォイルアノードは、実質的に円形、四角形、矩形、三角形、長円形、楕円形又は任意のその他の適当な形状のような任意の適当な形状を有するものとする。これら色々な形状又はその他の形状にてアノードを提供することにより、断面積の形状又は広い面積の電子フィールド及び（又は）収束した電子フィールドの外形を制御することができる。例えば、円形の断面形状を有する収束した電子フィールドを作り出すため、円形の薄い板、シート又はフォイルアノードを使用することができる。1つの非限定的な実施の形態において、イオンプラズマ電子エミッタ又は補助イオンプラズマ電子エミッタのカソードは、任意の適当な寸法を有する任意の導電性の薄い板、シート又はフォイルから成るものとする。この導電性の薄い板、シート又はカソードのフォイルは、上述した色々なアノードの形状と類似した形状を有することができる。1つの非限定的な実施の形態において、カソードの形状は、アノードの形状と共に作用し、色々な形状の断面積又は外形を有する広い面積の電子フィールド又は収束した電子フィールドを作り出すことができる。広い面積の電子フィールドを作り出すイオンプラズマ電子エミッタは、一例としてのワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタに関して上述したが、当業者は、「ワイヤー無し」又は「非直線状ワイヤ」アノードを有するイオンプラズマ電子エミッタを使用することができ、これは、本発明の範囲に属することが認識されよう。

30

40

【 0 0 7 1 】

[0 0 8 5] 上述した色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタと類似して補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの色々な非限定的な実施の形態は、カチオンを保持するプラズマを作り出す構成とされた2つ以上の細長いワイヤーアノードを含むことができ、プラズマカチオンは、カソードに衝突し、二次的電子のフィールド（すなわち

50

、収束した電子フィールド)を発生させ、このフィールドは、例えば、溶融体中の固体の介入物を減少させ得るように溶融させるべき、凝縮体のような、標的に衝突するよう加速させる。細長いワイヤーアノードは、その厚さ寸法よりも実質的に大きい長さ寸法を有することができる。「細長い」として説明したが、細長いワイヤーアノードは、任意の適当な形状に形成することができる。補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタは、色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタに関して上述したものと実質的に同一又は全体として類似した仕方の構造とすることができる。従って、色々なワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの上記の説明は、補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの設計に関する本説明の一部とされている。更に、本発明による補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタの特定の非限定的な実施の形態の構造及び作用の仕方について以下に説明する。

10

【0072】

[0086] 上述したように、本発明に従った補助イオンプラズマ電子エミッタは、例えば、実質的に円形、四角形、矩形、三角形、長円形、又は楕円形の断面外形、又は任意のその他の適当な組み合わせた形状の別の断面外形のような、任意の適当な断面外形又は形状を有する収束した電子フィールドを作り出す構成とすることができる。特定の非限定的な実施の形態において、本発明に従った補助ワイヤー放電イオンプラズマ電子エミッタのような、補助イオンプラズマ電子エミッタは、実質的に矩形の形状の断面外形(図13及び図14参照)又は実質的に円形の断面外形(図15参照)を有する電子フィールドを発生させることができる。図13を参照すると、補助イオンプラズマ電子エミッタ802は、カチオンを保持するプラズマを作り出す構成とされたワイヤーアノード又は導電性の薄い板、シート又はフォイルアノード819(共に、819で表示)を含む、図4のプラズマ領域314と類似したイオン化領域又はプラズマ領域と、カソード818を含む、図4のカソード領域316に類似したカソード領域とを含むことができる。カソード818は、任意の適当な形状を有することができる。プラズマ領域は、イオン化可能な気体を低圧にて充填することができ、また、その気体は、プラズマ領域内にてイオン化し、カチオンを保持するプラズマを作り出すことができる。例えば、プラズマ領域は、例えば、約20ミルトルのヘリウム気体を充填することができる。細い直径のワイヤーアノード又は導電性の薄い板、シート又はフォイルアノード819をプラズマ領域内に配置することができる。このアノード819は、図13にて矩形の形状のものが示されているが、任意の適当な形状を有することができる。正の電圧を高電圧の電源822によりアノード819に印加し、ヘリウム気体をヘリウムカチオン及び自由な「一次的」電子を含むプラズマにイオン化することができる。ヘリウム気体のイオン化が開始されたならば、プラズマは、アノード819に電圧を印加することにより支えられる。プラズマ内の正に帯電したヘリウムイオンは、高い負電位に維持された、図4の引出し格子326と類似した引出し格子を通じてプラズマ領域から引き出され、且つ図4の高電圧の空隙328と類似した高い電圧空隙を通じてカソード領域内に加速され、このカソード領域にて、プラズマ内のカチオンは、高い負電圧に維持されたカソード818に衝撃する。カソード818は、例えば、被覆し又は非被覆の金属又は合金とすることができる。1つの非限定的な実施の形態において、カソード818は、高い溶融温度及び低い作用関数を有する挿入体から成るものとすることができる。図6の高電圧の電源522のような、高電圧の電源は、例えば、20,000ボルト以上の負電圧をカソード818に付与する。

20

30

40

【0073】

[0087] ヘリウムカチオンがカソード818に衝突すると、二次的電子はカソード818から解放され、これにより収束した電子フィールドを形成する。高電圧の空隙は、二次的電子をヘリウムカチオンの移動方向と反対の方向に加速し、引出し格子を通して、プラズマ領域(導電性の板、シート又はフォイル(存在するならば))を通り、次に、電子に対し相対的に透過性の材料にて出来た、図4の薄い金属フォイル窓部329に類似した薄い金属フォイル窓部(存在するならば)を通じて加速する。上述したように、補助電子エミッタ及び溶融炉の室内の相対的な気体圧力に依存して、電子透過性窓部を省略す

50

ることが可能であり、この場合、補助電子エミッタにより作り出された電子は、直接、溶融炉の真空室に入るであろう。

【 0 0 7 4 】

[0 0 8 8] 図 1 3 を更に参照すると、1つの非限定的な実施の形態において、アノード 8 1 9 からの陽イオンを加速してカソード 8 1 8 に衝突させ、矩形又は実質的に矩形の形状の断面外形を有する収束した電子フィールドを作り出すことができる。矩形の形状又は実質的に矩形の形状のアノード 8 1 9 及びカソード 8 1 8 は、正に帯電したヘリウムイオンがカソード 8 1 8 に透過するのを一層促進する設計及び配置とすることができる。また、カソード 8 1 8 及び取出し格子は、二次的電子が取出し格子を透過する量を最大にし、且つ電子透過性窓（存在するならば）（また、導電性の薄い板、シート又はフォイルアノード（存在するならば））を透過するのに適したフィールド外形を有するような設計及び配置とすることができる。補助電子エミッタ 8 0 2 から出る活発な電子の収束したフィールドは、溶融炉の真空室内の標的に衝突するよう向けることができる。また、電子透過性窓（存在するならば）は、補助イオンプラズマ電子エミッタからの電子の透過を最大にし得るよう可能な限り薄い寸法とすることができる。電子の十分な透過を許容する厚さを有するアルミニウム型又はチタン型式のフォイルは、補助イオンプラズマ電子エミッタ 8 0 2 内にて僅かな真空環境を維持しつつ、必要であれば、フォイル窓部として使用することができる。装置の窓部（存在するならば）として使用可能なその他の適当に丈夫で且つ許容可能な電子透過性材料は、当業者に知られているであろう。本明細書にて全体として説明したように、補助電子エミッタ 8 0 2 の内部と標的を保持する真空室との間の圧力差が大きいならば、窓部は省略してもよい。

10

20

【 0 0 7 5 】

[0 0 8 9] 1つの実施の形態において、図 1 4 を参照すると、補助イオンプラズマ電子エミッタ 9 0 2 は、補助イオンプラズマ電子エミッタ 8 0 2 の特徴と類似した特定の特徴を含むことができる。しかし、補助電子エミッタ 9 0 2 は、プラズマ領域内に位置決めされた矩形又は実質的に矩形の形状のワイヤーアノード又は導電性の薄い板、シート又はフォイルアノード（共に参照番号 9 1 9 ）と、カソード領域内の矩形又は実質的に矩形の形状のカソード 9 1 8 とを含んでいる。アノード 9 1 9 からの陽イオンはカソード 9 1 8 に向けて加速し、矩形又は実質的に矩形の形状とし、且つ溶融体内にて及び（又は）形成又は凝固するインゴットの領域の任意の凝縮体、凝固部分又は材料の非溶融部分に衝突する構成とされた断面外形を有する収束した電子フィールドを作り出すことができる。補助電子エミッタ 9 0 2 は、また、正電圧をアノード 9 1 9 に供給する構成とされた電源を備えることもできる。図示しないが、カソード 9 1 8 はカソード 9 1 8 を高い負電圧に帯電させる構成とされた電源に接続されることが理解されよう。

30

【 0 0 7 6 】

[0 0 9 0] 図 1 5 に示した1つの実施の形態において、本発明に従った補助電子エミッタ 1 0 0 2 は、補助電子エミッタ 8 0 2 、 9 0 2 の特徴に類似した特定の特徴を含むことができる。しかし、補助電子エミッタ 1 0 0 2 は、プラズマ領域内に位置決めした円形、又は実質的に円形のワイヤーアノード又は導電性の薄い板、シート又はフォイルアノード（共に参照番号 1 0 1 9 ）と、カソード領域内に位置決めした円形、又は実質的に円形のカソード 1 0 1 8 とを含んでいる。アノード 1 0 1 9 からの陽イオンは、カソード 1 0 1 8 に向けて加速し、円形又は実質的に円形の形状の断面外形を有し、溶融体中の任意の凝縮体、凝固部分又は非凝固部分に、且つ（又は）形成し、又は凝固するインゴットの領域に衝突する構成とされた収束した電子フィールドを作り出すことができる。補助電子エミッタ 1 0 0 2 は、また、アノード 1 0 1 9 に正電圧を供給する構成とされた電源を備えることもできる。図示しないが、カソード 1 0 1 8 は、カソード 1 0 1 8 を高い負電圧に帯電させる構成とされた電源に接続されることが理解されよう。

40

【 0 0 7 7 】

[0 0 9 1] 本発明に従った色々な補助電子エミッタの電力は、アノードにより作り出されたカチオンの密度及びカソードの負電圧に依存する。イオン化の間に作り出される

50

イオン数は、アノードに印加される電圧に依存し（すなわち、より高電圧は単位時間当たりより多数のイオンを発生させ、且つ作り出される電子フィールドの密度を増大させる）、収束した電子フィールド中の電子エネルギーは、カソードの負電圧に依存する。特定の理論に拘束されることを意図するものではないが、本発明者は、真空室内の溶融凝縮は、比較的高電力（例えば、電子密度及び電子エネルギー）を有する収束した電子フィールドを利用することにより促進され、その理由は、任意の凝縮体が溶融体中にて真空室の別の領域内に流動する前、その凝縮体が溶融するため真空室の特定の領域内にて利用可能な滞在時間が限られているからである。同一の又は類似した理論は、溶融体中の凝固部分又は非溶融部分を溶融させる場合にも当てはまる。

【0078】

【0092】 1つの非限定的な実施の形態において、導電性の金属材料の溶融装置は、真空室と、該真空室内に配置された炉床と、導電性の金属材料を溶融させる構成とされた溶融装置とを備えている。該装置は、また、少なくとも1つの鋳型と、鋳造装置と、真空室内と連通し、且つ炉床から溶融した導電性の金属材料を受け取るよう位置決めされた噴霧装置とを備えることもできる。該装置は、真空室内に又は真空室に隣接して配置され、且つある断面積を有する収束した電子フィールドを真空室内に向けるよう位置決めされた補助イオンプラズマ電子エミッタを備えることができる。収束した電子フィールドは、導電性の金属材料の一部分を溶融させ、又は再溶融させ、導電性材料中の固体の凝縮物を溶融させ、ステアリング装置又はシステムを使用して導電性材料、固体の凝縮物及び凝固するインゴットの領域に向けられたとき、凝固するインゴットの領域を加熱することの少なくとも1つを行うのに十分なエネルギーを有している。1つの非限定的な実施の形態において、溶融装置は、真空室内に又は真空室に隣接して配置され、且つ広い面積の電子フィールドを真空室内に向けるよう位置決めされた少なくとも1つのイオンプラズマ電子エミッタを備えている。広い面積の電子フィールドは、導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有している。別の非限定的な実施の形態において、溶融装置は、導電性の金属材料をその溶融温度まで加熱するのに十分なエネルギーを有する電子ビームを放出する構成とされた少なくとも1つの熱イオン電子ビーム銃を備えることができる。

【0079】

【0093】 1つの非限定的な実施の形態において、補助イオンプラズマ電子エミッタは、2つ以上の熱イオン電子ビーム銃を含む溶融炉と共に使用することができる。熱イオン電子ビーム銃を使用する溶融炉は、全体として、イオンプラズマ電子エミッタを使用する溶融炉の圧力（例えば、 $40\mu(5.3\text{ Pa})$ 以上の圧力）又は $300\mu(40\text{ Pa})$ 以上の圧力）よりも遥かに低い圧力（例えば、 10^3 から $7.5\mu(10^3\text{ から }1\text{ Pa})$ から $15\mu(2\text{ Pa})$ ）の圧力を有する真空室を備えることを考えるならば、例えば、図10の電子透過性フォイル705のような電子透過性フォイルは、補助電子エミッタ700'と真空室214との間に位置決めし、例えば、真空室214と補助電子エミッタ700'との間にて別個の圧力を維持することができる。従って、溶融炉の運転圧力に関係なく、2つ以上の熱イオン電子ビーム銃及び（又は）その他の適当な溶融装置を組み込んだ溶融炉と共に、色々な補助電子エミッタを使用することができる。色々な実施の形態において、1つの溶融炉内にて任意の数の補助イオンプラズマ電子エミッタを使用することができる。

【0080】

【0094】 1つの非限定的な実施の形態において、溶融炉内にて導電性材料を溶融させる電子を発生する方法が提供される。該方法は、第一の非線形の形状を有するアノードを提供するステップと、アノードに電圧を印加するステップと、アノードにて正のカチオンを保持するプラズマを作り出すステップとを備えることができる。「非線形の形状」という語は、直線又は実質的に直線以外の形状を意味する。「非線形の形状」という語は、また、例えば、細長いワイヤー電極516のような、上述した色々な電極の形状以外の形状を有することを意味する。該方法は、第二の形状を有するカソードを提供するステッ

10

20

30

40

50

ブと、カソードをアノードに対して位置決めするステップと、カソードに電圧を印加するステップとを更に備えることができる。電圧は、カソードを負に帯電させる構成とすることができる。該方法は、正のカチオンをカソードに向けて加速し、自由な二次的電子を発生させるステップと、自由な二次的電子を使用して電子フィールドを形成するステップとを更に備えることができる。電子フィールドは、第三の形状を有する断面外形を備えることができる。電子フィールドの第三の形状は、アノードの第一の非線形の形状、及び（又は）カソードの第二の形状に相応するものとすることができる。1つの非限定的な実施の形態において、電子フィールドの第三の形状は、アノードの第一の非線形の形状及び（又は）カソードの第二の形状と実質的に同一とすることができる。色々な実施の形態において、アノードは、導電性の細長いワイヤーアノードと、導電性の薄い板アノードと、導電性の薄いシートアノードと、又は導電性の薄いフォイルアノードとを備えることができる。

10

20

30

40

50

【0081】

【0095】 1つの非限定的な実施の形態において、材料の加工方法は、金属及び金属合金の少なくとも一方から成る材料を雰囲気圧力に対して低い圧力に維持された炉室内に導入するステップと、第一のイオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の断面積を有する第一の電子フィールドを発生させるステップとを備えることができる。次に、炉室内の材料に対して第一の電子フィールドを作用させ、材料を材料の溶融温度以上の温度まで加熱することができる。該方法は、第二イオンプラズマ電子エミッタを使用して第二の断面積を有する第二の電子フィールドを発生させるステップを備えることができる。材料中の固体の凝縮体、材料の凝固部分、凝固するインゴットの領域の少なくとも1つに対して、ステアリング装置を使用して第二の電子フィールドを作用させ、特定の標的を溶融させ又は加熱する。また、第一の電子フィールドの第一の断面積は、第二の電子フィールドの第二の断面積よりも大きくし又はそれと異なるものとすることができる。第一のイオンプラズマ電子エミッタ及び第二のイオンプラズマ電子エミッタ内の圧力は、炉室から出るとき、同一の又は実質的に同一の圧力に維持することができる。その他の非限定的な実施の形態において、炉室内の圧力は、例えば、第一のイオンプラズマ電子エミッタ及び第二のプラズマ電子エミッタ内の圧力よりも低い圧力に維持することができる。

【0082】

【0096】 別の非限定的な実施の形態において、材料の加工方法は、金属及び金属合金の少なくとも一方から成る材料を雰囲気に対して低い圧力に維持された炉室内に導入するステップと、炉室内の材料に対して材料を材料の溶融温度以上の温度まで加熱する構成とされた溶融装置を作用させるステップとを備えることができる。該方法は、補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して収束した電子フィールドを発生させるステップと、材料中の任意の凝縮物、材料の任意の凝固部分、形成し又は凝固するインゴットの領域の少なくとも一方に対してステアリング装置を使用して収束した電子フィールドを作用させ、凝縮物、凝固部分、及び形成し又は凝固するインゴットの領域の少なくとも1つを溶融させ又は加熱するステップとを備えることもできる。色々な非限定的な実施の形態において、溶融装置は、少なくとも1つの熱イオン電子ビーム銃又は少なくとも1つのイオンプラズマ電子エミッタを備えることができる。

【0083】

【0097】 更にその他の非限定的な実施の形態において、材料の加工方法は、補助イオンプラズマ電子エミッタを使用して第一の形状を有する断面外形を含む収束した電子フィールドを発生させるステップと、収束した電子フィールドをステアして収束した電子フィールドを材料に衝突させ、且つ材料中の任意の固体の凝縮物、材料の任意の凝固部分及び（又は）形成し又は凝固するインゴットの領域の少なくとも1つを溶融させ又は加熱するステップとを備えることができる。また、該方法は、第二の形状を有する電極と、第三の形状を有するカソードとを使用して収束した電子フィールドを発生させるステップを備え、第一の形状は、第二の形状及び（又は）第三の形状と実質的に類似したものとする。1つの非限定的な実施の形態において、補助イオンプラズマ電子エミッタから放出され

た発生した収束した電子フィールドは、実質的に円形の断面外形と、実質的に矩形の断面外形との一方を有するものとすることができる。かかる収束した電子フィールドは、例えば、実質的に円形の電極又はアノード、及び実質的に円形のカソード又は実質的に矩形の電極又はアノード及び実質的に矩形の形状のカソードを使用して発生させることができる。

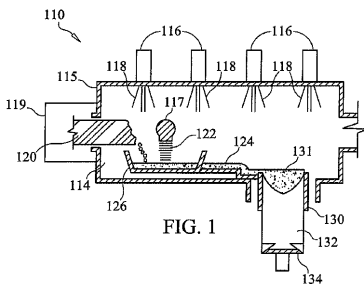
【 0 0 8 4 】

【 0 0 9 8 】 上記の説明は、必然的に、限られた数の実施の形態のみを示すものであるが、当業者は本明細書にて説明し、且つ図示した例の装置及び方法並びにその他の詳細の色々な変更を為すことができ、かかる改変例は、本明細書及び請求の範囲に示した本発明の原理及び範囲内にあることが理解されよう。例えば、本明細書は、必然的に、本発明に従った電子ビーム溶融炉の限られた数の実施の形態のみを示したものであり、また、必然的に、限られた数のイオンプラズマ電子エミッタ及び補助イオンプラズマ電子エミッタの設計を示すものであるが、本明細書及び関係した請求項はそのように限定されるものではないことが理解されよう。当業者は、本発明を検討したとき、追加的なイオンプラズマ電子エミッタ及び補助イオンプラズマ電子エミッタの設計を容易に識別し、且つ本明細書にて説明した必然的に限られた数の実施の形態の思想に沿った追加的な炉の設計を理解することができるであろう。このため、本発明は、本明細書に開示し又は含めた特定の実施の形態に限定されるものではなく、請求項により規定された本発明の思想及び範囲に属する改変例を包含することを意図するものである。当業者は、その発明の広い着想から逸脱せずに、上記の実施の形態に対して変更を加えることができることが理解されよう。

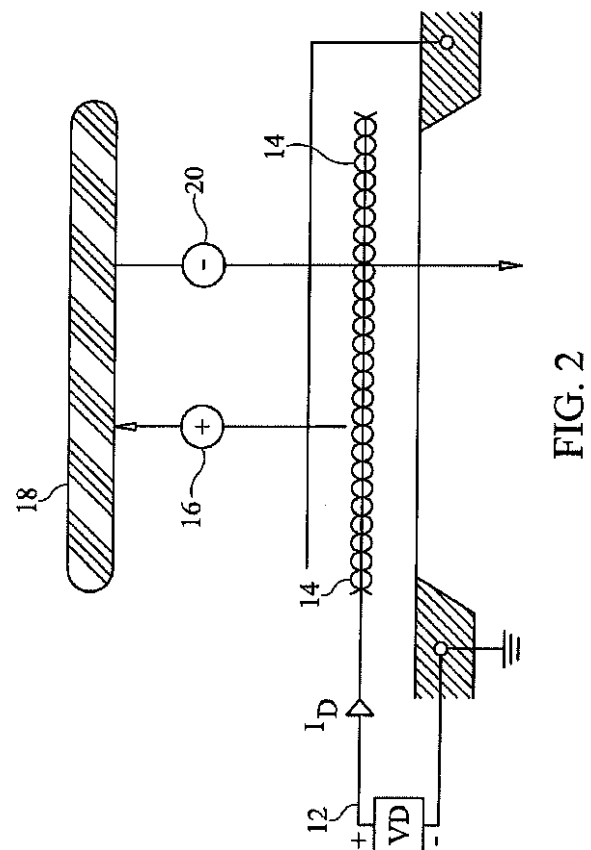
10

20

【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】

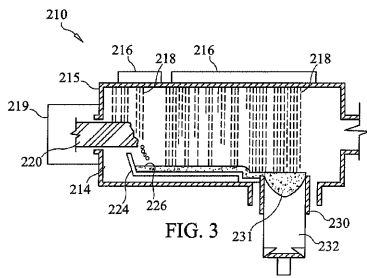


FIG. 3

【図 4】

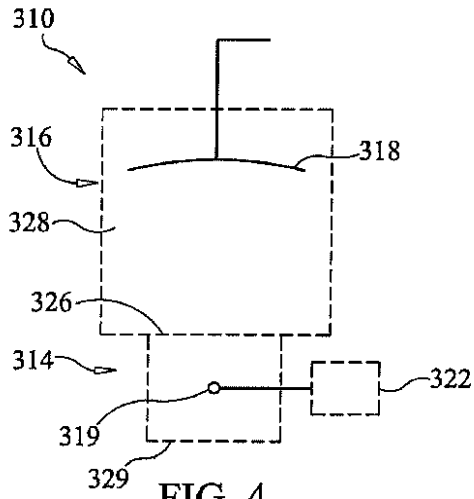


FIG. 4

【図 6】

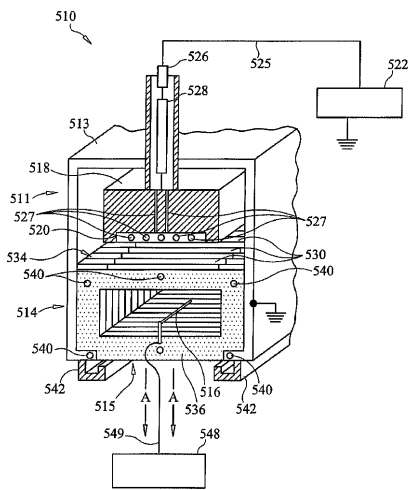


FIG. 6

【図 5】

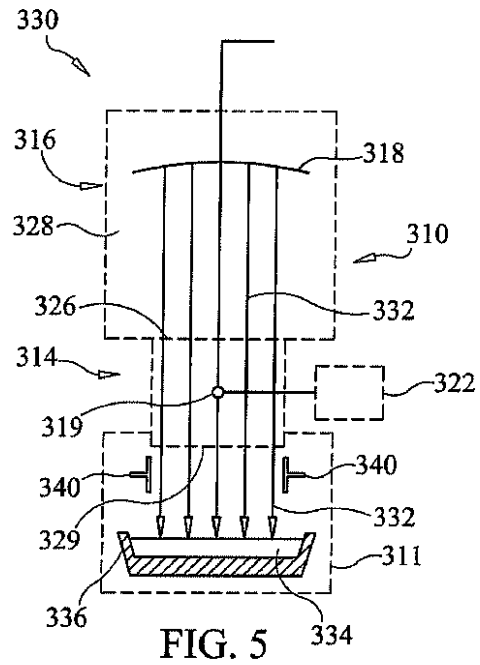
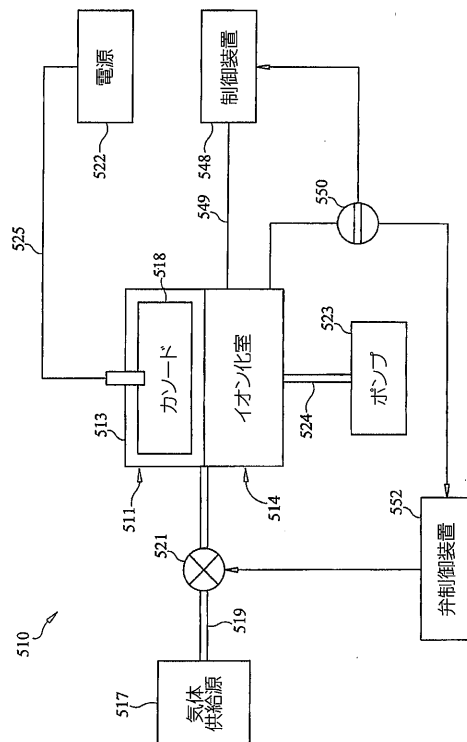


FIG. 5

【図 7】



【 図 8 】

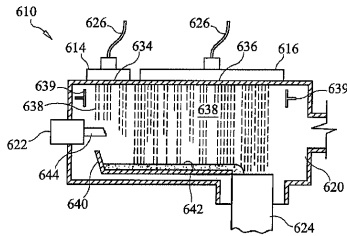


FIG. 8

【 図 9 】

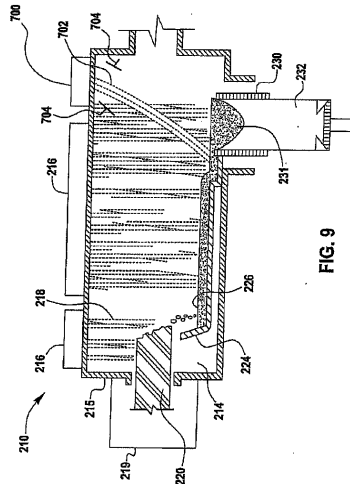


FIG. 9

【 図 1 1 】

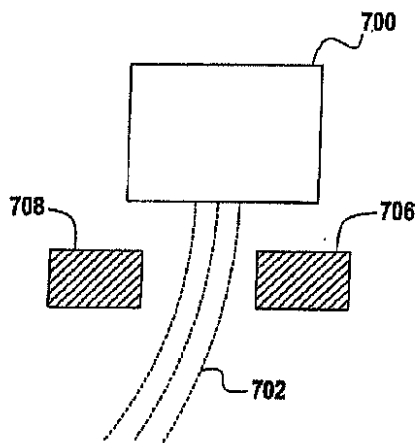


FIG. 11

【 図 1 0 】

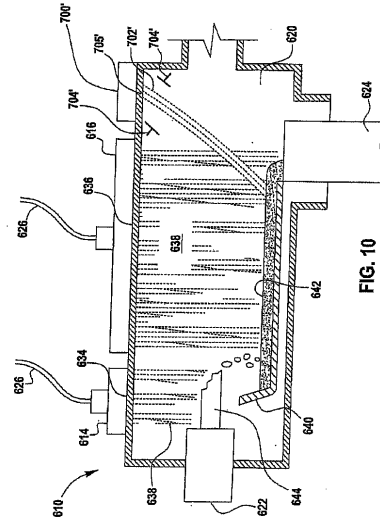


FIG. 10

【 図 1 2 】

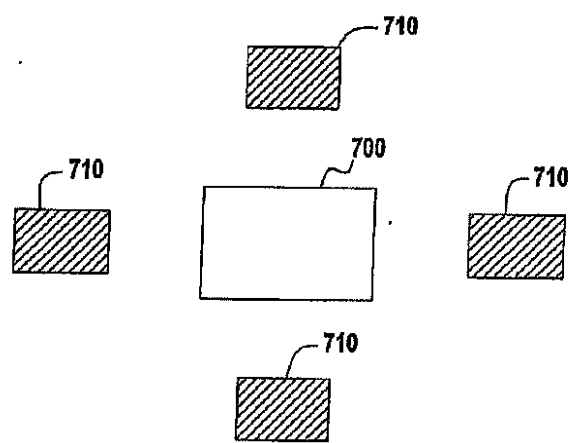
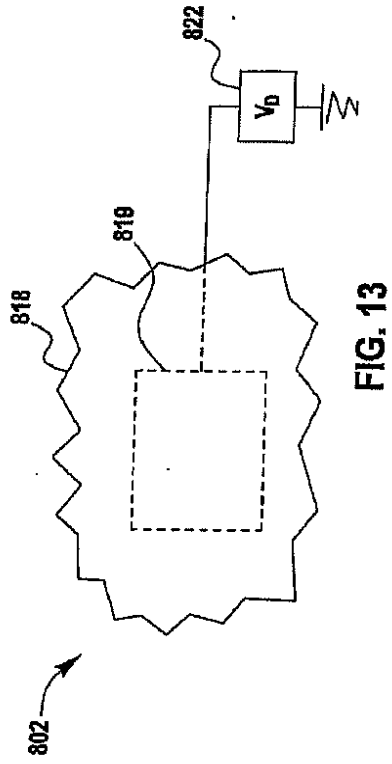
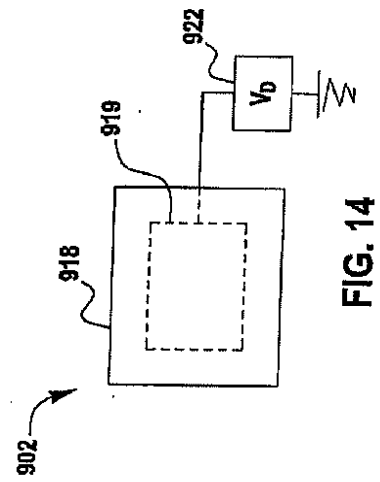


FIG. 12

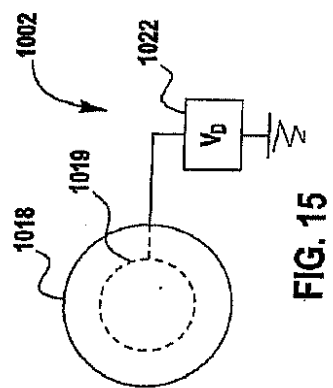
【図 13】



【図 14】



【図 15】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/044944

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F27B3/20 F27D99/00 C22B9/16 C22B9/22 H01J37/305 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F27B F27D C22B H01J B22D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 423 423 A1 (BREMER SIEGFRIED M K [US]) 24 April 1991 (1991-04-24) column 4, line 53 - column 7, line 16 claims 1,3,6; figure 2	1,26,29, 34,46,49
X	US 4 838 340 A (ENTREKIN CHARLES H [US] ET AL) 13 June 1989 (1989-06-13) column 3, line 65 - column 4, line 13; claims 13-17,23; figure 1	1,26,29, 34,46,49
X	US 5 222 547 A (HARKER HOWARD R [US]) 29 June 1993 (1993-06-29) column 3, line 5 - column 4, line 48; claims 1-10; figure 1	1,26,29, 34,46,49
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
8 November 2010		26/11/2010
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Gavriliu, Alexandru

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2010/044944

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 90/00627 A1 (JOHNSON AXEL METALS [US]) 25 January 1990 (1990-01-25) page 5, line 10 - page 6, line 23; claims 1-10; figures 1-3	1,26,29, 34,46,49
X	US 4 961 776 A (HARKER HOWARD R [US]) 9 October 1990 (1990-10-09) column 2, line 45 - column 4, line 13; claims 1-5; figures 1-3	1,26,29, 34,46,49
X	WO 2008/121630 A1 (ATI PROPERTIES INC [US]; FORBES JONES ROBIN M [US]; KENNEDY RICHARD L) 9 October 2008 (2008-10-09) paragraphs [0002], [0004], [0008], [0028] - [0042]; figures 1-8 claims 1,10, 22,23,25,31,42	1,26,29, 34,46,49
X	EP 0 427 379 A2 (CRUCIBLE MATERIALS CORP [US]) 15 May 1991 (1991-05-15) column 3, line 39 - column 5, line 19; claims 1-3; figures 1-3	1,26,29
X	US 2007/062332 A1 (JONES ROBIN M F [US] ET AL FORBES JONES ROBIN M [US] ET AL) 22 March 2007 (2007-03-22) paragraphs [0043], [0044], [0047], [0048]; claims 1,17,29,44,34; figures 2-5,9,17a	1,26,29

International Application No. PCT/US2010/044944

FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

Continuation of Box II.2

Claims Nos.: 54-58

The present application contains 1-58 claims, of which 7 claims are independent. There is no clear distinction between the independent apparatus claims 1, 26, 29 and respectively between the method claims 34, 46, 49 because of their overlapping scope. Furthermore, the subject-matter of claims 54-58 is remote from the main core of the alleged invention, as it relates to electron field generation within anode-cathode arrangements. There are so many claims and they are drafted in such a way that the claims as a whole are not in compliance with the provisions of clarity and conciseness of Article 6 PCT, as it is particularly burdensome for a skilled person to establish the subject-matter for which protection is sought. The non-compliance with the substantive provisions is to such an extent that a meaningful search of the whole claimed subject-matter could not be carried out (Article 17(2) PCT and PCT Guidelines 9.30). Regarding the independent method claim 54 and its corresponding dependent claims 53-58 there being no reasonable basis in the application that clearly indicates the subject-matter which might be expected to form the subject of the claims later in the procedure, no search at all was deemed possible for them. Independent method claim 54 and its corresponding dependent claims 55-58 encompass any process of electron field generation by applying voltage to the anode and the cathode building the emitter. Consequently, any known process of electron field generation able to be used in electron beam melting of metals destroys the novelty of said claims. As a result, the initial phase of the search revealed a very large number of documents relevant to the issue of novelty. So many documents were retrieved that it is impossible to determine which parts of the claim 54 may be said to define subject-matter for which protection might legitimately be sought (Article 6 PCT). For these reasons, a meaningful search over the whole breadth of claims 54-58 could not be performed.

The applicant's attention is drawn to the fact that claims relating to inventions in respect of which no international search report has been established need not be the subject of an international preliminary examination (Rule 66.1(e) PCT). The applicant is advised that the EPO policy when acting as an International Preliminary Examining Authority is normally not to carry out a preliminary examination on matter which has not been searched. This is the case irrespective of whether or not the claims are amended following receipt of the search report or during any Chapter II procedure. If the application proceeds into the regional phase before the EPO, the applicant is reminded that a search may be carried out during examination before the EPO (see EPO Guideline C-VI, 8.2), should the problems which led to the Article 17(2) declaration be overcome.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2010/044944

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☒ Claims Nos.: 54-58
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
see FURTHER INFORMATION sheet PCT/ISA/210

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.

2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of additional fees.

3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2010/044944

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0423423	A1	24-04-1991	CA 2022398 A1 DE 69003502 D1 DE 69003502 T2 ES 2045643 T3 US 5142549 A	06-03-1991 28-10-1993 10-03-1994 16-01-1994 25-08-1992
US 4838340	A	13-06-1989	AU 616292 B2 AU 3960789 A CA 1328977 C EP 0403594 A1 JP 3500510 T WO 9003861 A1	24-10-1991 01-05-1990 03-05-1994 27-12-1990 07-02-1991 19-04-1990
US 5222547	A	29-06-1993	NONE	
WO 9000627	A1	25-01-1990	AU 608459 B2 AU 3983389 A DE 68907337 T2 EP 0378672 A1 JP 8014008 B US 4932635 A	28-03-1991 05-02-1990 30-09-1993 25-07-1990 14-02-1996 12-06-1990
US 4961776	A	09-10-1990	NONE	
WO 2008121630	A1	09-10-2008	AU 2008232823 A1 CA 2680546 A1 EP 2137329 A1 JP 2010523925 T KR 20100016086 A US 2008237200 A1	09-10-2008 09-10-2008 30-12-2009 15-07-2010 12-02-2010 02-10-2008
EP 0427379	A2	15-05-1991	AT 113878 T AT 168055 T CA 2025945 A1 DE 69014075 D1 DE 69014075 T2 DE 69032473 D1 DE 69032473 T2 DK 0587258 T3 ES 2067685 T3 ES 2121049 T3 JP 2070657 C JP 3183706 A JP 7091571 B US 5084091 A	15-11-1994 15-07-1998 10-05-1991 15-12-1994 13-04-1995 13-08-1998 15-04-1999 19-04-1999 01-04-1995 16-11-1998 10-07-1996 09-08-1991 04-10-1995 28-01-1992
US 2007062332	A1	22-03-2007	CN 101312799 A EP 1926566 A1 JP 2009509049 T US 2009272228 A1 WO 2007040622 A1	26-11-2008 04-06-2008 05-03-2009 05-11-2009 12-04-2007

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 B 34/36 (2006.01)	C 2 2 B 34/36	
H 0 5 B 7/18 (2006.01)	H 0 5 B 7/18	
B 2 2 D 23/00 (2006.01)	B 2 2 D 23/00	C
B 2 2 D 11/041 (2006.01)	B 2 2 D 11/041	D
B 2 2 D 45/00 (2006.01)	B 2 2 D 45/00	C

(81) 指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(74) 代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72) 発明者 フォーブズ・ジョーンズ, ロビン・エム

アメリカ合衆国ノース・カロライナ州 2 8 2 7 7, シャーロット, ガレイン・コート 1 1 7 0 0

F ターム(参考) 3K084 AA07

4E004 SD10 SE10

4K001 AA07 AA18 AA19 AA25 AA27 AA29 AA31 AA41 BA24 EA02

GA19