

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4654193号
(P4654193)

(45) 発行日 平成23年3月16日(2011.3.16)

(24) 登録日 平成22年12月24日(2010.12.24)

(51) Int.Cl.

F I

C 3 0 B 30/04 (2006.01)

C 3 0 B 30/04

C 3 0 B 29/06 (2006.01)

C 3 0 B 29/06 5 0 2 G

C 3 0 B 11/00 (2006.01)

C 3 0 B 11/00 Z

請求項の数 9 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2006-535945 (P2006-535945)
 (86) (22) 出願日 平成16年10月25日(2004.10.25)
 (65) 公表番号 特表2007-509026 (P2007-509026A)
 (43) 公表日 平成19年4月12日(2007.4.12)
 (86) 国際出願番号 PCT/DE2004/002373
 (87) 国際公開番号 W02005/041278
 (87) 国際公開日 平成17年5月6日(2005.5.6)
 審査請求日 平成18年5月26日(2006.5.26)
 (31) 優先権主張番号 10349339.5
 (32) 優先日 平成15年10月23日(2003.10.23)
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(73) 特許権者 506139831
 クリスタル グロウイング システムズ
 ゲゼルシャフト ミット ベシュレンクテ
 ル ハフツング
 ドイツ国 3 5 6 1 4 アッサル, エメリ
 ウスシュトラーセ 3 3
 (74) 代理人 100064388
 弁理士 浜野 孝雄
 (74) 代理人 100088236
 弁理士 平井 輝一
 (72) 発明者 ミュエ, アンドレアス
 ドイツ国 6 3 4 5 2 ハノー, フアルバ
 ッハシュトラーセ 1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結晶成長装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

溶融物(13、23)用の加熱るつぼ(11、21)と、加熱るつぼ(11、21)に対して同軸に配置され、溶融物(13、23)中に磁界を発生するコイルアレイとを有し、コイルアレイが少なくとも三つのコイルを備え、それらのコイルが軸線方向に上下に配置され、各コイルには交流電流が流れ、コイルに流れる交流電流の位相が隣のコイルに流れる交流電流の位相とずれている、半導体結晶成長装置において、

それぞれのコイルが導電性材料の中空円筒体(1)から作られ、導電性材料がスリット(2)を複数回巻くことによって、単一層の螺旋状電流路を形成し、螺旋状電流路が中空円筒体(1)の軸線方向に沿って複数のセグメントに分割され、各セグメントがそれぞれの一つのコイルを成し、各コイルが相応した接触ポイント(3、4、5、6)を介して電力供給部に接続されることを特徴とする半導体結晶成長装置。

【請求項 2】

三個のコイルがユニットを形成し、星形または三角結線の形で電氣的に接続され、それによりコイルが回路によって回転電流源(17)の電極に接続されることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶成長装置。

【請求項 3】

コイルが、さらに直流電源に接続されることを特徴とする請求項1又は2に記載の結晶成長装置。

【請求項 4】

巻回スリット(2)が、中空円筒体(1)を囲むように同じ方向に延びることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶成長装置。

【請求項5】

軸線方向の上下に配列し、三個のコイルを形成するセグメントが、回転電流源(17)の位相に関連して各々二個の接触ポイント(3、4、5、6)を有することを特徴とする請求項2に記載の半導体結晶成長装置。

【請求項6】

接触ポイント(3、4、5、6)が、中空円筒形体(1)の横面の外側又は内側に延びる導電性レール(7、8、9)に接続され、導電性レール(7、8、9)が、中空円筒体(1)の端部で回転電流源(17)の位相に関連した接続部において終端することを特徴とする請求項5に記載の半導体液晶成長装置。

10

【請求項7】

導電性レール(7、8、9)が、抵抗加熱要素として使用され、そのために直流電流源に接続されることを特徴とする請求項6に記載の半導体結晶成長装置。

【請求項8】

それぞれのコイルが互いに星形結線で接続され、中空円筒体の長手に沿って伸長し、すべてのコイルと接触するメイントラックが、直流電流源に接続されることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶成長装置。

【請求項9】

中空円筒体(1)が、るつぼ(11、21)の外部であるが、るつぼ(11、21)を囲む容器(10、20)の内部に配置されることを特徴とする請求項1に記載の半導体結晶成長装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2003年10月23日に提出されたドイツ国特許出願明細書第103 49 339.5の優先権を主張し、本願はその引例を全体的に組み込んでいる。

本願は、結晶成長装置、特に半導体結晶成長装置に関連し、熔融物用の加熱るつぼ及びるつぼに同軸配置されたコイルアレイを、熔融物に磁界を発生させるために備え、コイルアレイが三個かそれ以上のコイルから成り、それらのコイルは軸線方向に一方が他方の上に設けられ、各コイルを介して別個の電流が隣のコイルと位相をずらして流れる。

30

【背景技術】

【0002】

熔融物から半導体結晶の成長の際、熔融した塊体の流れとそれに関連する対流熱輸送(convective heat transport)が、界面の形で生じる温度分布と、成長する結晶、すなわち最終的に結晶の到達し得る品質において生じる熱応力に関して、重大な役割を担う。更に、界面において対流により生じ得る温度変動が、製造プロセスにおいて単結晶産出時に重要な役割を果たすことができる。従って熱対流が、例えばチョクラルスキー法(CZ)によるシリコン単結晶の成長時に、特に熔融物の初期重量の増加と共に、著しい温度変動に関連する熔融塊体の乱流を生じさせる。この問題を解決するため、渦電流ブレーキの原理による熔融塊体の流れを低下させる静的磁界(static magnetic fields)と、発生する対流を制御でき且つ乱浮遊対流(turbulent buoyant convection)を妨げる時間依存性の磁界(time-dependent magnetic fields)の使用が提案され、これまで技術的に行われている。

40

【0003】

時間依存性の電界の使用は、乱対流を抑制できない可能性を除いて、弱く判然としない対流を有するか含まない熔融物内でも、熔融物の目標とする流れを推進できるという利点がある。ゆえに垂直温度勾配凝固法(VGF法)による複合半導体結晶(compound semiconductor crystals)の成長における熱層の安定した成層は、熱浮遊対流が生じないようにし、熔融物における熱輸送が明らかに広まる。その場合、時間依存性の電界によって発生す

50

る熔融物における対流が、成長のレイアウトにおいて効果的な熱輸送と温度分布を増やし、最終的に界面の形に好適な効果を与えることができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、これまでのシステムは全ての点で満足のいくものではなかった。それは特に熔融物を熱する抵抗ヒーターの抵抗加熱要素のアレイと、磁界発生用のコイルのアレイが大きな場所を必要としていたからである。更に一方で垂直温度勾配凝固法（VGF）により動作する装置内への設置が、チヨクラルスキー法（CZ）により動作する装置とは基本的に異なっていることも考慮する必要がある。VGF法は、高圧で作動するので、高圧に対抗するため沸騰容器を鉄で作る必要がある。しかし鉄製容器は容器の外部に配列されたコイルによって生じる電界を殆ど遮断するので、窒化ホウ素またはクォーツガラスから作られた熔融物のるつぼの内部で、熔融物を完全に混合するため不適当に強い移動磁界（traveling magnetic field）が生じる。これは沸騰容器の内部において、るつぼの外部で且つできる限りるつぼの近くに、コイルを設置する必要がある。

10

【0005】

しかし、ボイラーの内部にるつぼの加熱部分が設けられているので、コイルは少なくとも部分的にヒーターの加熱力を冷やすことになる。コイルはるつぼの中に設置できない。それはコイルが熔融物と化学反応を起こすか、それ自体が熔融物の高温により熔融するか、または冷却時にシリコンの熔融を妨げるからである。

20

【0006】

従って本発明は、熔融物の中で対流を操作して、熔融物から抽出された結晶をできるだけ均一になるように、適切でシンプルな手段で磁界形成し、それによって熔融物を熱して、問題を解決するという課題を基本にしたものである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この課題を解決するため、装置は本願の請求項1の導入部によると、導体材料の中空円筒体から成り、それは何度か周囲を回るスリットによって、単一の層状に積み重なった螺旋状の電流路を形成し、それは電力供給部に接続できる接点によって、セグメントに分割され、その各々がコイルを形成する。

30

【0008】

従って本発明を支える要点は、冷えない高温抵抗コイルを使用することである。本発明の次の段階は、どの場合でも必要なヒーターを所望のコイルと組み合わせることであり、コイルが大きなグラファイト製伝導ロッドで形成され、抵抗の調節、すなわち必要な熱電力を送ることによって正確な磁界を生じさせる。

【0009】

チヨクラルスキー法（CZ）の場合、例えばガラスガードで低圧真空チャンバ内に、クォーツガラスによって作られたるつぼにおいて、プロセスを実行している。ここでグラファイトから作られたヒーターを、るつぼの周囲に形成して使用することが、広く知られている。それによって導体レールが曲折した形で配列され、そのレイアウトは、もし完全なグラファイトシリンドラーであれば上方から下方及び下方から上方へ交互にスリットが入れられ、その度にウエブが架橋結合のために開いたままになっている。それによって、互いに上下する電流が各々に生じる電界を補正して、不十分な電界をるつぼに生じさせないようにしている。

40

【0010】

またCZ法の場合で発明力のある着想は、導体レールのトラックがるつぼの周囲で螺旋状経路を介して通るようにすることで、電流の方向が常に同じ方向のままであるようにして、既によく知られているグラファイトヒーターを新たに設計することである。CZ法の場合、本発明の要点に関連して、リニアモーターのようにコイルアレイが熔融物に作用し、それによって熔融物の外領域の動作方向が、電流の方向に依存して上向きまたは下向きにな

50

る。ここで交流 (rotary current, Drehstrom) の周波数が増加しながら、ごく希薄な領域が溶融物内で動くように、表皮効果を活用できる。

【0011】

このコイルアレイによって、移動磁界 (traveling magnetic field) を生じさせることができ、それが半導体溶融領域の中に入り、それによって結晶成長プロセスに好適な電導性の溶融物に流れを生じさせる、特にコイルの数によって一部で決定される位相ずれと交流電流の周波数の変化によって、特定の速度を調整でき、それにより電界が溶融物を介して軸線方向に移動する。しかし、溶融物は特定の温度に維持する必要があり、その温度は原則的に溶融に適応した材料の溶融ポイントの少し上である。そのために抵抗ヒーターが、るつぼの周囲に配置されている。それに加えて、コイルが加熱機能を引き継ぎでき、コイルを通過する電流がその抵抗により熱を発生し、それはるつぼにおける材料の溶融と、溶融物の温度の維持のための両方に作用する。

10

【0012】

ここで本発明による解決手段は、中空円筒体が細いスリットを除いて、その殆ど閉じた内側領域に、均一な熱放射のため特に良好な熱放射源を形成する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

導電コイルが好ましくは互いに星形または三角結線により接続され、回路のアレイに依存してコイルが回転電流源 (source of rotary current, Drehstromquelle) の電極に接続される。回転電流のそのような電源は一般的に結晶成長装置自体の据付場所において利用できるようになっており、本発明により必要とされるようなコイル用の電力供給部が利用でき、追加の経費はない。

20

【0014】

電界の時間変化に関係なく、誘導電流の強さを単独で決定する発熱力を調節するため、コイルを更に直流電源に接続し、それにより交流電流に加えて、単独で発熱力に関連する直流電流をコイルに生じさせる。

【0015】

もし螺旋状のスリットが同じ方向感覚で中空円筒体に沿った進路に伸びていれば、中空円筒体が、螺旋状のスリットを容易に備えることができる。

【0016】

30

コイルに電力を供給するため、軸線方向で上下に配置された三個のコイルを形成するセグメントがあって、各々が回転電流源 (rotary current source) の相と接触する二個のポイントを有している。

【0017】

接触ポイントが、中空円筒体の内側表面及び外側表面に沿って伸びる導電レールトラックに接触し、中空円筒体の端部にある接続部で終端し、接続部が回転電流源の位相に関連している。これにより、結晶成長装置の接続部がケーシングの底部に配置され、コイルまたは抵抗ヒーターを囲む絶縁外板が、接続部用に開口部を必要としないという利点を有する。これによって非常に小型で且つ好適に絶縁された装置を提供する。

【0018】

40

レールトラックは熱抵抗要素としても機能でき、そのため熱抵抗要素は直流電源に接続される。

【0019】

上記全ての構成要素を考慮することで、移動磁界が同時発生することにより半導体結晶成長装置において電気抵抗加熱するための装置を得る。特に本発明の目的は、溶融物から単結晶半導体結晶を成長するために、アレイで電気抵抗要素を構成し、抵抗要素を通して流れる交流電流が、電界も発生させるように設計することである。従って本発明は、半導体結晶成長装置の電気抵抗ヒーター用の装置を本質的に構成し、本質的に中空円筒形をした抵抗ヒーターが、軸線方向で上下に配置された三個のセグメントから成ること、単独層コイルの電流経路が、特別な螺旋状スリットによって画定され、螺旋状スリットと同じ方

50

向であること、互いに上下に位置する三個のセグメントが回転電流源の三相と接続するために各々接触部を有することを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

コイルを抵抗ヒーター及び磁界の発生装置として二重使用することは、従来のように熔融物の過熱のため専門的に利用する抵抗ヒーターとして使用するよりも更なる利点を有し、それらはるつぼの直ぐ隣にあるボイラー容器に配置できる。これとは逆に従来型の設置は、磁界発生のための磁界コイルが抵抗ヒーターと分離して沸騰容器の外部に配置されている。

【 0 0 2 1 】

ゆえに例えばチヨクラルスキー法 (CZ) を基礎としたもののように、シリコン結晶成長用の装置において、クォーツガラスから作られたボイラー容器を使用しているが、それはボイラー容器の外部でコイルアレイによって発生する時間依存正の磁界を充分遮断しない。しかしそれらの結晶ガラス容器はかなり高額で、現在の発展状況では結晶成長装置内に適切な寸法で製作できない。更なる問題として、VOP法による複合導体結晶 (compound semiconductor crystals) を成長させるような装置の場合、クォーツガラスから作られた壁を有するボイラー容器が話題にならない。なぜなら工業製品において、通常は結晶が高圧状態で成長されるからである。他方で共通のコイルアレイ、例えば銅ワイヤーの使用は、熱が原因で装置の水冷容器に適していない。

【 0 0 2 2 】

本発明は、スリット構造を有する中空円筒体の形で熔融物を囲む電気抵抗ヒーターを使用することによって問題を解決し、それにより加熱電流を螺旋状トラックを介して強制的に流し、抵抗ヒーターが電界発生のために単一層のコイルのように作用する。グラファイトが2000 以上の温度抵抗を達成できるという特別な利点を持っているので、抵抗ヒーター用の材料として使用できる。等圧圧縮グラファイト (isostatically pressed graphite) から作られた円筒状抵抗熱要素を使用することは、半導体結晶成長工業において今日の標準的な業務である。交流電流により抵抗ヒーターのプロセスにおいて、時間依存の交番磁界 (alternating field) を生じさせる。

【 0 0 2 3 】

ここに提示された本発明は、装置内での電気加熱に必要な電流が交番磁界の発生のため同じように使用される。それに関して、分離電界コイルまたは分離電界コイル用の分離電力供給部が必要である。更に抵抗ヒーターが、同時にコイルアレイとして設計され、高温で安定するもので、装置の中心領域すなわち熔融領域を取り囲む。それにより磁界を生じさせるための寸法が、最小にできる。更に交番電界が、結晶成長装置のボイラー壁を通過する必要がないので、ボイラー容器を鉄製ボイラーとして通常の方法で設計できる。更に装置の外部において遮蔽の問題がない。高圧結晶成長装置の場合、熔融領域における交番磁界の発生が本発明によって全体的に可能である。ここに提示された本発明の別の重要な利点は、ヒーターコイル設置の中空円筒状形態が、結晶成長装置において最も共通して使用される加熱構成体に対応しているので、主に構造的な出費を必要がなく、現行の装置と組み合わせできるか、または電流のために十分な数の貫通路を利用できる限り、後でも取り付けできることである。

【 0 0 2 4 】

以下で本発明を添付図面を参照して詳しく説明する。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 5 】

図 1 には、本発明による加熱コイルアレイを示す一例が示されており、等圧圧縮グラファイトにより好適に製造され得た中空円筒体 1 が、特に螺旋状スリット 2 を備えている。用語“螺旋状”は、図 1 に示したような階段状のコースも含んでいる。更にアレイは四個の電気接触ポイント 3、4、5 及び 6 を有しており、それらは交流電流を送る。図 1 に示されている例で、三角結線は、中空円筒体 1 の長さに沿って延びる第一レールトラック 8 によって、回転電流源の第一相を、第一レールトラックによって接続されている第一接触

10

20

30

40

50

ポイント 3、第四接触ポイント 6 に接続し、次の相を第二トラック 7 によって、第二接触ポイント 4 に接続し、第三相を第三トラック 9 によって第三接触ポイント 5 に接続することで、行われている。トラック 7、6、9 が耐高温ネジによって中空円筒体 1 にネジ留めされ得、ネジは例えばコールファイバー (coal fiber) 材料 CFC から作られ得る。回転電流源と接触するため、トラック 7、8、9 が結晶成長装置のベースに三個の電流導管と共にネジ留めされ得、それに対応する大電流ケーブルがシステムの外部でクランプ留めされる。

【 0 0 2 6 】

電流生成トラック (current forming track) の螺旋状経路が、接触ポイント 3 ~ 6 で三個のセグメントに分割されるスリット 2 によって形成され、それらの各々がコイル A、B、C を形成している。トラックが更に高く且つ広くなり、本質的に矩形である。図 2 は、三角結線された三個のコイル A、B、C の回路を示しており、(一回りで)隣接したコイルの個々に隣接する端部が互いに接続され、且つ回転電流源の相に接続されている。

【 0 0 2 7 】

更に本発明に導入される抵抗ヒーターが、軸線方向の上下に配列された三個のセグメントから成り、その各々が一对のタップによって画定され、タップが軸線方向で上下に配列された三個のコイルに対応している。それらのタップは、図 1 及び図 2 で示したように、接触ポイント 3 及び 6、4 及び 4、5 及び 5 の接続部によって三角結線として形成でき、回転電流源の三個の相に関連するようになっている。また、三個のセグメントがポイント 4 及び 5 で互いに分離され得、星形結線のように回転電流源 17 の三個の相に関連するように構成されている。両方の場合とも、相を 120° ずつ偏倚させた三個の交流電流が、三個のセグメントを介して流れ、それにより装置内に移動磁界を生じさせる。この移動磁界が、三箇所で三相結線の回転方向に依存して、抵抗ヒーター内に位置する半導体溶融物の境界領域において、上向きまたは下向きの電流を生じさせる。これは例えばツォクラスキー法による装置の場合のように、熱浮遊対流 (thermal buoyant convection) を妨げ得、VGF 装置の場合は効果的な熱輸送が溶融物の完全な混合によって増加する。

【 0 0 2 8 】

図 3 には、VGF プロセスによる複合半導体結晶を成長させる高圧結晶成長装置において、上記のような中空円筒体 1 である本発明による加熱コイルアレイの使用が示されている。その結晶成長装置は、鉄から作られた水冷高压容器 10 を備え、そこには支持するつぼ 12 の内部に保持されたるつぼ 11 の中に、特に半導体溶融物 13 が入っていて、それにより単結晶 14 が成長する。半導体材料を溶融するのに必要な高温は中空円筒体 1 内で到達し、中空円筒体はそれに対して放射状外向きに配置された断熱パック 15 によって隔離されている。半導体溶融物 13 における典型的な流れのパターン 16 が、矢印によって示されており、それは中空円筒体 1 に関連して、回転電流源 17 によって起こされる移動磁界によって生じさせられる。

【 0 0 2 9 】

複合半導体結晶を成長させるための VGF 結晶成長装置において、半導体溶融物 13 が典型的には臭化溶融物 18 によって覆われ、臭化溶融物はシステム内で上昇する圧力による複合半導体材料の揮発成分の揮発を防止する。

【 0 0 3 0 】

図 4 には、シリコンまたはゲルマニウム結晶を成長させるためのツォクラスキー法の装置において、本発明による中空円筒体 1 の使用を示しており、そこには水冷式の鉄製容器 20 を備えており、その中で支持するつぼ 22 によって、るつぼ 21 が保持され、るつぼ 21 の中には半導体溶融物 23 が入っている。単結晶が、この半導体溶融物 23 から抽出される。半導体材料を溶融するために必要な高温が、断熱パック 25 に関連して中空円筒体 1 を使用することで達成される。半導体溶融物 23 に関する典型的な流れのパターン 26 が、矢印によって示され、それは熱浮遊対流により生じさせられるもので、中空円筒体 1 によって、回転電流源 17 により生じる移動磁界に関連して妨げることができる。

【 0 0 3 1 】

特に本発明は、導電性溶融物を抵抗加熱によって用意し、溶融物の流れに対する所望の影響が技術的に重要である全ての装置に使用できる。本発明は、それら全てのシステムにおいて特別有利に使用され、現在でも円筒状の抵抗加熱要素が高圧下、または低圧の保護ガス体において、或いは真空中で使用されている。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】周囲螺旋状スリットの三個のセグメントを備え、各々が磁界発生コイルを形成する中空円筒状抵抗加熱要素。

【図2】図1のコイルに関する三角結線図。

【図3】VGF結晶成長装置における抵抗ヒーター要素の本発明による構成。

【図4】CZ法による結晶成長装置における抵抗ヒーター要素の本発明に関する構成。

10

【図1】

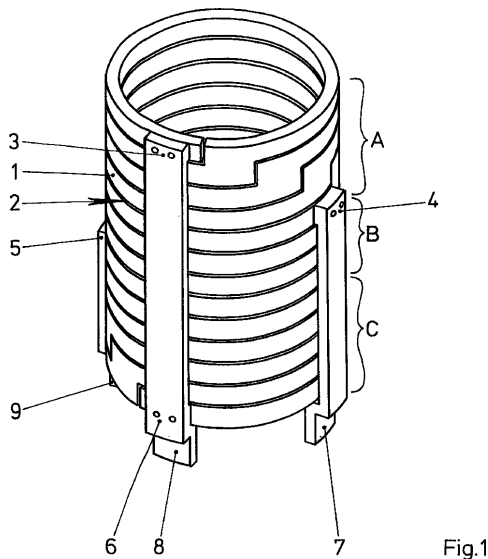


Fig.1

【図3】

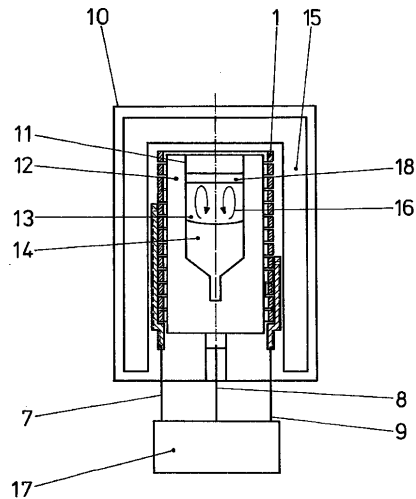


Fig. 3

【図2】

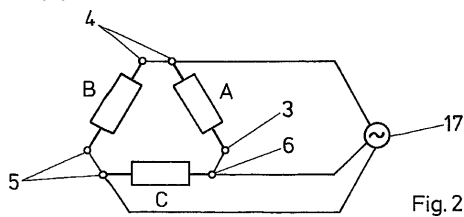


Fig. 2

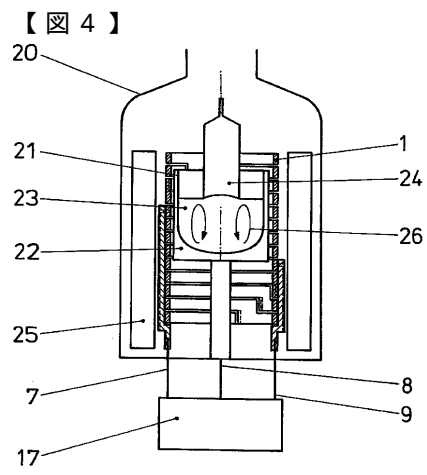


Fig. 4

フロントページの続き

(72)発明者 アルテクリュゲル, ブルクハルト

ドイツ国 6 3 7 5 5 アルツエノー, ホルンデルヴェク 5

(72)発明者 フオンホフ, アクセル

ドイツ国 7 7 9 4 8 フリーゼンハイム - オーバーワイアー, オーバーワイアー ハウプトシュ
トラーセ 1 3

審査官 横山 敏志

(56)参考文献 特開平08 - 143391 (JP, A)

特開昭63 - 285189 (JP, A)

特開2002 - 226294 (JP, A)

特公昭49 - 049307 (JP, B1)

特開昭60 - 210592 (JP, A)

特開昭60 - 264391 (JP, A)

特開昭62 - 108795 (JP, A)

特開昭63 - 159285 (JP, A)

特開平01 - 126293 (JP, A)

特開平03 - 141187 (JP, A)

特開平06 - 081086 (JP, A)

米国特許第05196085 (US, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

C30B1/00-35/00