

明 細 書

発明の名称：カーボン製ルツボ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、シリコン等の金属単結晶引上げ装置に使用される石英ルツボを保持するためのカーボン製ルツボ及びその製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] チョクラルスキー法（以下、「CZ法」という。）に用いられるルツボは、シリコンを溶融させるための石英ルツボとこれを収容する黒鉛ルツボとの二重構造となっている。近年、高収率でシリコン単結晶を得るため、大型サイズの単結晶が製造されるようになってきている。それに伴い、黒鉛ルツボも大型のものが必要になっている。しかし、黒鉛ルツボの容量が多くなるにつれて、石英ルツボと黒鉛ルツボの熱膨張率の違いに起因する熱歪みも大きくなり、直胴部、特にその上縁部、及び底部から直胴部に連なる曲面部（以下、R部と称する）に応力が集中して黒鉛ルツボの割れが発生し易くなっている。この問題を解決するため、直胴部と受け皿部とが分割され、直胴部に炭素繊維強化炭素複合材（C/Cコンポジット材）を用い受け皿部に黒鉛材を用いた複合ルツボ（以下の特許文献1参照）や、直胴部に薄型の炭素繊維強化炭素複合材を用いた複合ルツボ（以下の特許文献2参照）が提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：実公平03-43250号公報

特許文献2：特開平08-73292号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] しかしながら、上記の特許文献1に開示のルツボは、直胴部と受け皿部とに各々段差を設け、その段差を噛み合わせることで固定を図っている。その

ため、直胴部の真円度が設計通りでなく寸法誤差が生じている場合や、直胴部を作製場所から組み立て場所に搬送中に直胴部に変形を起こす場合等においては、そのままでは直胴部と受け皿部の各々の段差を噛み合わせることが困難なため、直胴部の歪みを矯正する必要がある。このような問題を解消しようとするれば、直胴部の真円度を上げるために、高精度の加工が必要となり、コスト高となる。また、直胴部の歪み矯正を精度よく行わなければならず、歪み矯正にかなりの労力を払う必要があるため、納期が長くなってしまふ。

[0005] また、上記の特許文献2に開示のルツボは、直胴部で薄型の炭素繊維強化炭素複合材を用いているが、円筒部の寸法精度に配慮した設計は行われていない。従って、上記の特許文献1に開示のルツボと同様に直胴部の変形等により、直胴部と受け皿部を固定できないという課題がある。また、円筒部（直胴部）を内側から抑え込むのに環状スペーサが必要となっている。従って、この特許文献2に開示のルツボにおいても、コスト高や納期が長くなってしまふという課題が存在する。

そこで、従来より、ルツボの割れを防止すべく直胴部と受け皿部とが分割された構造であって、しかも、低コストで、且つ短納期が可能なカーボン製ルツボ及びその製造方法が所望されていた。

[0006] 本発明は、上記の実情を鑑みて考え出されたものである。その目的は、ルツボの割れを防止すべく直胴部と受け皿部とが分割された構造であって、しかも、低コストで、且つ短納期が可能なカーボン製ルツボ及びその製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0007] 上記目的を達成するため本発明は、直胴部と受け皿部とを備え上下に分割されたカーボン製ルツボであって、前記受け皿部の前記直胴部と接する上端面には、内周側又は外周側のいずれか一方が他方に対して高くなる段差部が設けられており、前記直胴部は前記段差部に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、前記段差部と前記直胴部との間に、隙間が設けられてい

ることを要旨とする。

[0008] 上記構成によれば、客先で直胴部と受け皿部を組み合わせる際に、直胴部の真円度の都合で寸法が設計通りでない場合でも、隙間がクリアランスとなることで円滑な嵌着を図ることができる。また、直胴部は輸送中に変形を起こすこともあり、そのような場合でも隙間がクリアランスとなることで歪の矯正などの労力を最小限にして嵌着を行うことができる。この結果、短納期での対応が可能となる。さらに、従来例のような円筒部（直胴部）を内側から抑え込む環状スペーサのような部材は不要である。この結果、低コスト化を実現できる。

[0009] 本発明において、前記受け皿部の前記直胴部と接する上端面には、外周側が内周側に対して高くなる段差部が設けられており、前記直胴部は前記段差部に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、前記段差部内周面と前記直胴部外周面との間に、隙間が設けられている構成であるのが好ましい。このような構成であれば、直胴部が石英ルツボにより近接した位置に存在することになり、石英ルツボの変形に応じて迅速に保持するが可能となる。

[0010] 本発明において、前記段差部は、少なくとも周方向に沿って複数設けられている構成であるのが好ましい。段差部を全周に沿って設けられている構成に比べて、加工時間を短縮化できる。

[0011] 本発明において、前記段差部は、全周に沿って設けられている構成であるのが好ましい。このような構成であれば、受け皿部に嵌着される直胴部の安定性がより向上する。

[0012] 本発明において、前記直胴部は炭素繊維強化炭素複合材から成る構成であるのが好ましい。このような構成であれば、円筒状を形成するのが容易で、且つ保管時及び加工時においても割れや欠けが発生しにくいという利点がある。

[0013] 本発明において、前記隙間の大きさは、前記直胴部の直径の0.1%～1.0%であるのが好ましい。このように規制するのは、0.1%を下回ると、円滑な嵌着が困難となり、1.0%を上回ると、直胴部と受け皿との間で

がたつきが生じたり、段差部を必要以上に大きく設計する必要が生じたりするからである。尚、当該0.1%～1.0%の範囲内で、問題なく嵌着を図れることが実験により確認されている。

[0014] また、本発明は、直胴部と受け皿部とを備え上下に分割されたカーボン製ルツボの製造方法であって、直胴部を作製するための円筒製品と、受け皿部を作製するための黒鉛ブロックを用意しておく第1ステップと、受注内容に応じて、前記円筒製品を所望の長さに切断して直胴部を作製すると共に前記黒鉛ブロックを受け皿部に加工する第2ステップと、前記直胴部と前記受け皿部を出荷先で組み立てる第3ステップと、を含むことを要旨とする。

[0015] 上記構成によれば、円筒製品を所望の長さに切断して直胴部とすると共に、受け皿部を切削加工するだけで、顧客の要望に応じたカーボン製ルツボを、迅速且つ容易に作製することができる。また、直胴部はもとより、受け皿部においても切削により除去する部分が少なく、素材を効率よく用いることができる。

[0016] 本発明において、前記直胴部は炭素繊維強化炭素複合材製であるのが好ましい。このような構成であれば、円筒状を形成するのが容易で、且つ保管時及び加工時においても割れや欠けが発生しにくいという利点がある。

[0017] 本発明において、前記黒鉛ブロックは、予め直胴部に合わせたサイズの円柱状製品であるのが好ましい。このような構成であれば、黒鉛ブロックの外周部分を加工する必要が無くなり、更に短納期での対応が可能となる。

[0018] 本発明において、前記直胴部を作製するための円筒製品は、ルツボのサイズに合わせて複数種類用意されているのが好ましい。このような構成であれば、顧客の要望に応じたカーボン製ルツボを、迅速且つ容易に作製することができる。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、客先で直胴部と受け皿部を組み合わせる際に、直胴部の真円度の都合で寸法が設計通りでない場合でも、隙間がクリアランスとなることで円滑な嵌着を図ることができる。また、直胴部は輸送中に変形を起こ

すこともあり、そのような場合でも隙間がクリアランスとなることで歪の矯正などの労力を最小限にして嵌着を行うことができる。この結果、短納期での対応が可能となる。さらに、従来例のような円筒部（直胴部）を内側から抑え込む環状スペーサのような部材は不要である。この結果、低コスト化を実現できる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明に係るカーボン製ルツボを備えたシリコン単結晶引き上げ装置の要部断面図。

[図2]本発明に係るカーボン製ルツボの斜視図。

[図3]本発明に係るカーボン製ルツボの正面図。

[図4]本発明に係るカーボン製ルツボの縦断面図。

[図5]図4の一部を拡大した断面図。

[図6]カーボン製ルツボの製造方法を説明するための図。

[図7]カーボン製ルツボの変形例の断面図。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明を実施の形態に基づいて詳述する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではない。

[0022] （実施の形態1）

以下、本発明を実施の形態に基づいて詳述する。なお、本発明は、以下の実施の形態に限定されるものではない。

（金属単結晶引き上げ装置の構成）

図1は本発明に係るカーボン製ルツボを備えたシリコン単結晶引き上げ装置の要部断面図である。図1において、1は単結晶引き上げ装置、2はシャフト、4はシリコン融液3を収容する石英ルツボ、5は石英ルツボ4を保持するカーボン製ルツボである。カーボン製ルツボ5の外周にはヒータ6が配置されており、このヒータ6によりカーボン製ルツボ5及び石英ルツボ4を介してシリコン融液3を加熱し、インゴット7を引き上げながらシリコン単結晶を作製する。

[0023] 図2は本発明に係るカーボン製ルツボの斜視図、図3は本発明に係るカーボン製ルツボの正面図、図4は本発明に係るカーボン製ルツボの縦断面図、図5は図4の一部を拡大した断面図である。カーボン製ルツボ5は、略円筒状の直胴部9と受け皿部10とを備え、直胴部9と受け皿部10とが分割された構成となっている。直胴部9は炭素繊維強化炭素複合材（C／Cコンポジット材）製であり、受け皿部10は黒鉛製である。

受け皿部10の上端面には、外周側が内周側に対して高くなる段差部11が設けられている。この段差部11は全周に沿って設けられており、直胴部9は段差部11に嵌着されている。このように直胴部9が段差部11に嵌着される構造により、直胴部9が受け皿部10から外れることや、直胴部9が横方向に位置ズレを起こす恐れを低減することができる。

[0024] ここで、直胴部9が段差部11に嵌着された状態において、段差部11の内周面11aと直胴部9の外周面9aの間には、隙間Aが設けられている。この隙間Aは、直胴部9と受け皿部10とを組み合わせる際にクリアランスとして機能する。これにより、直胴部9と受け皿部10とを組み合わせる際に、直胴部9と受け皿部10とを円滑に嵌着することが可能となっている。具体的に説明すると、直胴部9の真円度が設計通りでなく寸法誤差が生じている場合や、直胴部9を作製場所から組み立て場所に搬送中に直胴部9に変形を起こす場合等において、隙間Aがクリアランスとなることで円滑な嵌着を図ることができ、また、直胴部9の変形を修正するにしても、歪の矯正などの労力を最小限にして嵌着を行うことができることになる。

[0025] ここで、適切な隙間Aの大きさL2（図5参照）[mm]は直胴部9の直径L1（図4参照）[mm]によって変動することから、隙間Aの大きさL2は、直胴部9の直径L1の0.1%～1.0%であることが好ましい。このような値に規制されているのは、0.1%を下回ると、円滑な嵌着が困難となり、1.0%を上回ると、直胴部と受け皿との間でがたつきが生じたり、段差部11を必要以上に大きく設計する必要が生じたりすることによる。

[0026] （カーボン製ルツボの製造方法）

図6はカーボン製ルツボの製造方法を説明するための図である。

直胴部9及び受け皿部10を以下のようにして作製する。次いで、直胴部9と受け皿部10を組み合わせて最終形状とする。尚、直胴部9及び受け皿部10の設計段階で、直胴部9と受け皿部10を組み合わせた際に、段差部11の内周面11aと直胴部9の外周面9aの間に隙間Aが生じるように、予め直胴部9及び受け皿部10の寸法を設定しておく。

(1) 直胴部9の作製

フィラメントワインディング法により、外径及び厚みが一定である前駆体を作製し、この前駆体を焼成してC/Cコンポジットとすることで円筒製品を得る。円筒製品は、外径及び厚みが一定であるため、顧客の要望に応じてどの部位を切断しても一定の直胴部9を得ることができるので、納期の短縮化が図れる。

次いで、図6に示すように、上記円筒製品を切断して顧客の要望に応じた一定の直胴部9を得る。

尚、円筒製品の直径は、ルツボのサイズに合わせて複数種類用意しておくのが好ましい。顧客の要望に応じた直胴部9を迅速に得られるからである。

[0027] (2) 受け皿部10の作製

黒鉛ブロックから、受け皿部の寸法に応じたサイズを粗切し、仕上げ加工を行って、図6に示すように受け皿部10を形成する。このように黒鉛ブロックを用いて受け皿部10を作製するのは、受け皿部10は顧客によって形状が異なるため、ブロック形状から加工するのが素材の無駄を少なくできるからである。

尚、黒鉛ブロックは円柱状のブロックで且つ外周が直胴部9のサイズに対応した複数種類のものを準備しておくことが好ましい。黒鉛ブロックの外周部分を加工する必要が無く、断面方向の切断のみで粗加工が完了することになるので、納期の短縮化を図ることができるからである。

また、粗加工の際には、中央が窪んだ形状に加工するのが好ましい。更に素材を効率よく加工することができるからである。

[0028] (3) ルツボの作製

上記方法で作製した直胴部 9 と、上記方法で作製した受け皿部 10 とを別個に梱包し、客先に搬送し、客先で組み合わせて図 6 に示す最終形状のカーボン製ルツボ 5 を作製する。尚、客先で最終形状に組み合わせる際に、隙間 A が存在するように予め設計されていることにより、円滑な嵌着を図ることが可能となる。

[0029] (その他の事項)

(1) 上記実施の形態では、段差部 11 は全周に沿って設けられていたけれども、周方向に間隔をあけて複数個設けるような構成であってもよい。この場合、複数の段差部 11 は周方向に等間隔をあけて設けるのが好ましい。受け皿部 10 に嵌着される直胴部 9 の安定性が向上するからである。

[0030] (2) 上記実施の形態では、受け皿部 10 の上端面には、外周側が内周側に対して高くなる段差部 11 が設けられており、直胴部 9 は段差部 11 に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、段差部 11 の内周面 11 a と直胴部 9 の外周面 9 a の間に、隙間 A が設けられている構成であったけれども、本発明はこれに限定されるものではなく、図 7 に示すように、受け皿部 10 の上端面には、内周側が外周側に対して高くなる段差部 11 が設けられており、直胴部 9 は段差部 11 に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、段差部 11 の外周面 11 b と直胴部 9 の内周面 9 b の間に、隙間 A が設けられている構成であってもよい。

実施例

[0031] 上記実施の形態の製造方法と同様の製造方法により直胴部直径 L1 及び隙間 A の大きさ L2 の異なる 4 種類のカーボン製ルツボ（実施例 1、実施例 2、実施例 3、実施例 4）を作製し、嵌着の度合を調べたので、その結果を表 1 に示す。なお、表 1 には、直胴部直径 L1 に対する隙間 A の大きさ L2 の割合が 0.1%～1.0% の範囲外となること以外は、上記製造方法と同様の製造方法により作製した 3 種類のカーボン製ルツボ（比較例 1、比較例 2、比較例 3）についても、嵌着の度合を調べたので、その結果も併せて記載

されている。

[0032] [表1]

	直 胴 部 直 径 L 1 [mm]	隙 間 A の 大 き さ L 2 [mm]	隙 間 の 割 合 (L 2 / L 1 × 1 0 0) [%]	嵌 着 の 度 合
実施例 1	6 0 0	1 . 0	0 . 1 6	問題なく円滑
実施例 2	7 0 0	1 . 5	0 . 2 1	問題なく円滑
実施例 3	8 0 0	1 . 5	0 . 1 9	問題なく円滑
実施例 4	6 0 0	5 . 0	0 . 8 3	問題なく円滑
比較例 1	6 0 0	0 . 5	0 . 0 8	かなり困難を伴う
比較例 2	6 0 0	0 . 3	0 . 0 5	嵌着できず
比較例 3	6 0 0	6 . 0	1 . 0 0	一部内側に落ち込む部分あり がたつきが大きく不適

[0033] 表 1 より明らかなように、直胴部直径 L 1 に対する隙間 A の大きさ L 2 の割合が 0 . 1 % ~ 1 . 0 % の範囲内の実施例 1 ~ 実施例 4 はいずれも問題なく円滑な嵌着を図ることができた。これに対して、直胴部直径 L 1 に対する隙間 A の大きさ L 2 の割合が 0 . 1 % を下回る比較例 1、2 において、比較例 1 は嵌着にかなり困難を伴い、比較例 2 は嵌着できなかった。直胴部直径 L 1 に対する隙間 A の大きさ L 2 の割合が 1 . 0 % を上回る比較例 3 では、一部内側に落ち込む部分があり、がたつきが大きく不適切であった。このことから、隙間 A の大きさ L 2 は、直胴部 9 の直径 L 1 の 0 . 1 % ~ 1 . 0 % であることが好ましいことが、理解される。

産業上の利用可能性

[0034] 本発明は、シリコン等の金属単結晶引上げ装置に使用される石英ルツボを保持するためのカーボン製ルツボ及びその製造方法に適用される。

符号の説明

[0035] 1 : 単結晶引き上げ装置

4 : 石英ルツボ

５：カーボン製ルツボ

９：直胴部

９ a：直胴部 ９ の外周面

１ ０：受け皿部

１ １：段差部

１ １ a：段差部 １ １ の内周面

A：隙間 A

請求の範囲

- [請求項1] 直胴部と受け皿部とを備え上下に分割されたカーボン製ルツボであって、
前記受け皿部の前記直胴部と接する上端面には、内周側又は外周側のいずれか一方が他方に対して高くなる段差部が設けられており、
前記直胴部は前記段差部に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、前記段差部と前記直胴部との間に、隙間が設けられていることを特徴とするカーボン製ルツボ。
- [請求項2] 前記受け皿部の前記直胴部と接する上端面には、外周側が内周側に対して高くなる段差部が設けられており、
前記直胴部は前記段差部に嵌着されると共に、この嵌着された状態において、前記段差部内周面と前記直胴部外周面の間に、隙間が設けられている請求項1記載のカーボン製ルツボ。
- [請求項3] 前記段差部は、少なくとも周方向に沿って複数設けられている請求項1又は2記載のカーボン製ルツボ。
- [請求項4] 前記段差部は、全周に沿って設けられている請求項1又は2記載のカーボン製ルツボ。
- [請求項5] 前記直胴部は炭素繊維強化炭素複合材から成る請求項1～4の何れかに記載のカーボン製ルツボ。
- [請求項6] 前記隙間の大きさは、前記直胴部の直径の0.1%～1.0%である請求項1～5の何れかに記載のカーボン製ルツボ。
- [請求項7] 直胴部と受け皿部とを備え上下に分割されたカーボン製ルツボの製造方法であって、
直胴部を作製するための円筒製品と、受け皿部を作製するための黒鉛ブロックを用意しておく第1ステップと、
受注内容に応じて、前記円筒製品を所望の長さに切断して直胴部を作製すると共に前記黒鉛ブロックを受け皿部に加工する第2ステップと、

前記直胴部と前記受け皿部を出荷先で組み立てる第3ステップと、を含むカーボン製ルツボの製造方法。

[請求項8] 前記直胴部は炭素繊維強化炭素複合材製である請求項7記載のカーボン製ルツボの製造方法。

[請求項9] 前記黒鉛ブロックは、予め直胴部に合わせたサイズの円柱状製品である請求項7又は8記載のカーボン製ルツボの製造方法。

[請求項10] 前記直胴部を作製するための円筒製品は、ルツボのサイズに合わせて複数種類用意されている請求項7記載のカーボン製ルツボの製造方法。