請求の範囲

[請求項1] シリコン単結晶引き上げ用石英ガラスルツボであって、

アルミニウム平均濃度が相対的に高い石英ガラスからなり、前記石英ガラスルツボの外面を構成するように設けられた高アルミニウム含有層と、

前記高アルミニウム含有層よりもアルミニウム平均濃度が低い石英ガラスからなり、前記高アルミニウム含有層の内側に設けられた低アルミニウム含有層とを備え、

前記低アルミニウム含有層は、多数の微小な気泡を含む石英ガラスからなる不透明層を含み、

前記高アルミニウム含有層は、前記不透明層よりも気泡含有率が低減された透明又は半透明の石英ガラスからなることを特徴とする石英ガラスルツボ。

[請求項2] 前記不透明層の内側であって前記石英ガラスルツボの内面を構成するように設けられた実質的に気泡を含まない内側透明層と、

前記不透明層の外側であって前記石英ガラスルツボの前記外面を構成するように設けられた実質的に気泡を含まない外側透明層とを備え、

前記高アルミニウム含有層の厚さは前記外側透明層よりも薄い、請求項１に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項3] 円筒状の直胴部と、湾曲した底部と、前記直胴部と前記底部とを繋ぐコーナー部とを有し、

少なくとも前記直胴部に前記高アルミニウム含有層が設けられている、請求項１又は２に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項4] 前記高アルミニウム含有層中のアルミニウム平均濃度が２０ｐｐｍ以上であり、

前記低アルミニウム含有層中のアルミニウム平均濃度が２０ｐｐｍ未満である、請求項１乃至３のいずれか一項に記載の石英ガラスルツ

ボ。

[請求項5] 前記外側透明層中の気泡含有率が２．１％以下である、請求項１乃至４のいずれか一項に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項6] 前記高アルミニウム含有層中のアルミニウム濃度分布が微視的に偏在している、請求項１乃至５のいずれかに記載の石英ガラスルツボ。

[請求項7] 前記高アルミニウム含有層中の１ｍｍ^{3}の領域内にアルミニウム濃度が高い部分が網目状に存在している、請求項６に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項8] アルミニウム濃度が６０ｐｐｍ以上である高濃度領域とアルミニウム濃度が２５ｐｐｍ未満である低濃度領域とが１ｍｍ^{2}の範囲内に混在している、請求項７に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項9] 前記高濃度領域と前記低濃度領域との境界付近でのアルミニウム濃度勾配が１ｐｐｍ／μｍ以上１００ｐｐｍ／μｍ以下である、請求項８に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項10] 前記高アルミニウム含有層中のカーボン及び硫黄それぞれの平均濃度が５ｐｐｍ以下である、請求項１乃至９のいずれか一項に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項11] 前記高アルミニウム含有層中の気泡含有率が０．５％未満である、請求項１０に記載の石英ガラスルツボ。

[請求項12] 回転モールド法による石英ガラスルツボの製造方法であって、

回転するモールドの内面にアルミニウム添加石英粉及び天然石英粉を順に堆積させて原料石英粉の堆積層を形成する工程と、

前記原料石英粉の堆積層を前記モールドの内側からアーク溶融する工程とを備え、

前記原料石英粉の堆積層をアーク溶融する工程は、

前記アーク溶融の開始時に前記モールドの内面に設けられた多数の通気孔からの減圧を強めて、実質的に気泡を含まない石英ガラスからなる内側透明層を形成する工程と、

前記内側透明層の形成後に前記減圧を弱めて、多数の微小な気泡を含む石英ガラスからなる不透明層を形成する工程と、

前記不透明層の形成後に前記減圧を再び強めて、実質的に気泡を含まない石英ガラスからなる外側透明層を形成する工程とを含み、

前記外側透明層を形成する工程では、前記アルミニウム添加石英粉を溶融して高アルミニウム含有層を形成すると共に、前記外側透明層の厚さが前記高アルミニウム含有層よりも厚くなるように、前記外側透明層を形成するために前記減圧を再び強めるタイミングを制御することを特徴とする石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項13] 前記高アルミニウム含有層の厚さが２００μｍ以上である、請求項１２に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項14] 前記アルミニウム添加石英粉の平均粒径が１００～４００μｍであり、

前記アルミニウム添加石英粉の極表面のアルミニウム濃度が６０ｐｐｍ以上であり、

前記アルミニウム添加石英粉の中央部のアルミニウム濃度が２５ｐｐｍ未満である、請求項１２又は１３に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項15] 前記アルミニウム添加石英粉を前記モールド内に充填する前に、前記アルミニウム添加石英粉を用意する工程をさらに含み、

前記アルミニウム添加石英粉を用意する工程は、

天然石英粉とアルミニウム化合物を含む溶液とを混合した後、脱水及び乾燥させてアルミニウムを前記天然石英粉に定着させる定着工程と、

前記アルミニウムが定着した天然石英粉を１０００℃以上１２００℃以下の焼結しない温度で加熱して前記アルミニウムを前記天然石英粉の表層部に浸透させる第１の熱処理工程とを含む、請求項１４に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項16] 前記第１の熱処理工程における加熱時間が２時間以上２０時間以下である、請求項１５に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項17] 既存の石英ガラスルツボの高アルミニウム含有層中のアルミニウム濃度分布を二次イオン質量分析法により測定し、前記アルミニウム濃度分布の測定結果に基づいて、次の石英ガラスルツボの製造に使用する前記アルミニウム化合物を含む溶液の濃度又は前記アルミニウム添加石英粉の熱処理時間若しくは熱処理温度を調整する、請求項１５又は１６に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項18] 前記アルミニウム添加石英粉を前記モールド内に充填する前に、前記アルミニウム添加石英粉に付着するカーボン、硫黄その他の製造工程由来の不純物成分を除去する工程をさらに含む、請求項１２乃至１７のいずれか一項に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項19] 前記不純物成分を除去する工程は、

前記アルミニウム添加石英粉を１０００℃以上１２００℃以下の常圧の大気雰囲気のチャンバー内で加熱する第２の熱処理工程と、

前記チャンバー内を真空引きし、前記アルミニウム添加石英粉を真空中で一定時間保持する第１の保持工程と、

前記チャンバー内を常圧のヘリウム雰囲気に変更し、前記アルミニウム添加石英粉を常圧のヘリウム雰囲気下で一定時間保持する第２の保持工程とを含む、請求項１８に記載の石英ガラスルツボの製造方法。

[請求項20] 前記第２の熱処理工程における加熱時間が２時間以上２０時間以下である、請求項１９に記載の石英ガラスルツボの製造方法。