

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 10 月 11 日(11.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/137822 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 15/30 (2006.01) *F16F 1/02* (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059203
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 4 日(04.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-084400 2011 年 4 月 6 日(06.04.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社 S U M C O (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 須田 歩 (SUDA Ayumi) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP). 四ッ井 拓也 (YOTSUI Takuya) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 安倍 逸郎 (ABE Itsurou); 〒8020005 福岡県北九州市小倉北区堺町 1 丁目 9-6 コンプレート堺町ビル 403 号 安倍国際特許事務所 Fukuoka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

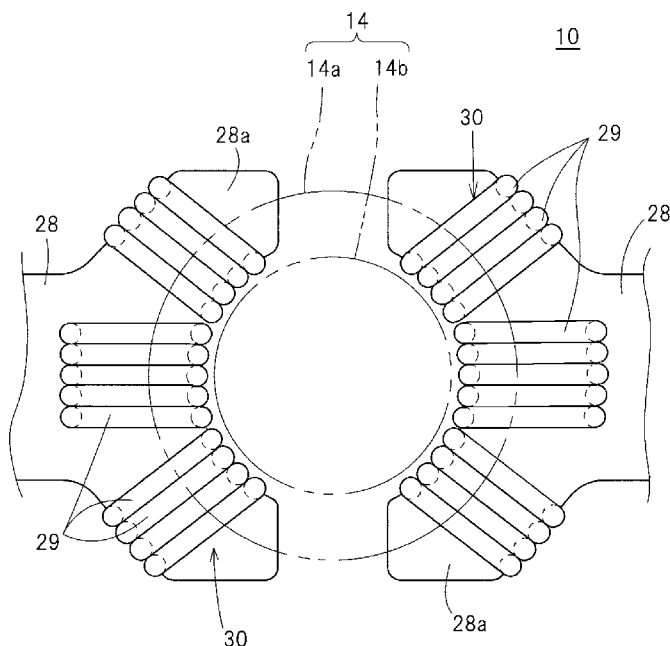
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

[続葉有]

(54) Title: CRYSTAL HOLDING MECHANISM OF SINGLE CRYSTAL PULLING DEVICE AND METHOD FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL INGOT

(54) 発明の名称: 単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法

[図1]



(57) Abstract: The present invention is provided with a support on a gripping member, the support being composed of linear springs which elastically support an engaging portion. Thus, the support can be reused, and generation of rupture and dislocation of a single crystal ingot from a gripping part of the engaging portion can be prevented.

(57) 要約: 把持部材に、係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体を設けたため、支持体の再使用が可能で、係合部の把持部分からの単結晶インゴットの破断、転位の発生を防止できる。

WO 2012/137822 A1

WO 2012/137822 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法

技術分野

[0001] この発明は、単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法、詳しくはチョクラスキー方式による単結晶インゴットの引き上げ、殊に大重量のものに好適な単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法に関する。

背景技術

[0002] 一般に、単結晶シリコンインゴットはチョクラスキー法（CZ法）により成長されている。CZ法では、まず石英製のるつぼに充填した多結晶シリコンの塊をヒータ加熱して融解し、シリコンの融液を得る。その後、シードホルダに取り付けた種結晶の下端部をシリコン融液に浸漬し、シードホルダおよびるつぼを回転させながらシードホルダを徐々に上方に引き上げ、種結晶の下端に単結晶シリコンインゴットを成長させる。

ところで、種結晶には、融液への浸漬時の熱衝撃により転位が発生する。この転位を除去するため、ダッシュ・ネック法が採用されている。ダッシュ・ネック法では、浸漬後の種結晶の直径を細く絞って、直径3mm程度のネック部を種結晶に連続して形成し、このネック部の表面に転位を逃がす。こうしてインゴットを無転位化させた後、種結晶の引き上げ速度を適宜低下させ、インゴットの肩部および胴部を順次引き上げている。

近年、デバイスの生産効率および歩留りを高めるため、単結晶シリコンインゴットの大径化および長大化が図られている。その結果、インゴットの重量が増大し、従来のダッシュ・ネック法のみでの単結晶インゴット引上げではネック部が破断し、安全なインゴットの育成ができないおそれがあった。

[0003] そこで、これを解消する従来技術として、例えば特許文献1が知られている。特許文献1は、前記ネック部の直下に、拡径部と縮径部（クビレ部）と

が連続した係合部を形成し、この係合部を保持機構の把持部材により機械的に把持することで、ネック部から把持機構にインゴットの荷重を移行させ、ネック部の強度不足を補うものである。

また、単結晶インゴットを育成する際、融液温度の変動や直径制御の精度ばらつきなどに起因し、インゴット外周面の形状を目標形状に完全に一致させることは不可能である。そのため、形成した係合部の外周面には、形状が異なる環状の凹凸が存在する。これにより、把持部材と係合部との接触は点接触または接触幅が短い線接触となってしまう、インゴットに対する単位面積当たりの応力が集中し、係合部の把持箇所でのインゴットの破断および転位が発生していた。単結晶インゴット育成中にインゴットが完全に破断した場合には、インゴット落下という大事故を招く恐れがあった。

[0004] これを解消するため、特許文献1では、把持部材の係合部との接触部分に、インゴットの荷重を受けた際に塑性変形する耐熱性軟質材料からなるアタッチメント部材を設けている。塑性変形することにより、アタッチメント部材がインゴットの凹凸部分に密着する。これにより、把持部材と係合部との接触面積が大きくなり、インゴットに対する単位面積当たりの応力集中が緩和される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許3596226号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1に記載された結晶保持機構では、アタッチメント部材が単結晶シリコンインゴットの荷重により、一度塑性変形してしまえば、その形状は元に戻らない。その結果、アタッチメント部材は1回のみの使用で廃棄処分される使い捨て品となっていた。よって、有転位化後の引き上げ再開を含むインゴットの引き上げを行う度にアタッチメント部材の交換

が必要となり、単結晶シリコンインゴットの生産効率の低下およびコスト高を招いていた。

[0007] そこで、本発明者らは鋭意研究の結果、素材の弾性変形領域内における変形が自在で、繰り返しての使用が可能な支持体を、結晶保持機構の把持部材のうち、縮径部との接触部分に設けるようにすれば、上述した問題を全て解消できることを知見し、この発明を完成させた。

[0008] この発明は、把持部材の係合部への接触部分となる支持体の再使用が可能であるとともに、係合部の把持部分からの単結晶インゴットの破断および転位の発生を防止することができる単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法を提供することを目的としている。

課題を解決するための手段

[0009] この発明は、るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に形成され、かつ拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成された係合部を、把持部材を用いて把持することで、前記単結晶インゴットを保持する単結晶引上げ装置の結晶保持機構において、前記把持部材に、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体を設けた単結晶引上げ装置の結晶保持機構である。

[0010] また、この発明は、複数本の素線を撚り合わせて子縄を形成し、さらに複数本の該子縄を撚り合わせたワイヤロープにより前記線状ばねを構成した方が望ましい。

[0011] さらに、この発明は、前記把持部材に、上下面を貫通して対配置した長孔を離間して形成するとともに、この対配置した長孔間に形成された巻き芯部に、前記ワイヤロープを垂直方向へ長い楕円形状で、かつ上端部が前記巻き芯部の上面から突出するように複数回巻き掛けることで、前記支持体をコイル形状とした方が望ましい。

[0012] また、別の本発明は、るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、結晶保持機構により前記単結晶インゴットを

保持しながら、該単結晶インゴットを成長させる単結晶インゴット製造方法において、前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に、拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成される係合部を形成し、前記結晶保持機構は、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体が設けられて前記係合部を把持する把持部材を有し、前記係合部の形成後、前記把持部材により前記係合部を把持することで、該係合部を前記支持体により弾性的に支持し、この状態で前記単結晶インゴットの成長を行う単結晶インゴット製造方法である。

発明の効果

[0013] これらの発明によれば、チョクラスキー法により融液から単結晶インゴットを引き上げる。その際、把持部材により係合部を把持することで、ネック部から結晶保持機構に単結晶インゴットの荷重（自重）の一部または全部が移行し、ネック部による単結晶インゴットの荷重負担が軽減される。このとき、単結晶インゴットの係合部（縮径部）は、対応する支持体を介して、把持部材により支持される。そのため、支持体は単結晶インゴットの荷重の作用により線状ばねの弾性変形領域内で、係合部との接触面積が増大するように変形（弾性変形）する。この接触面積は、単結晶インゴットの荷重が増大するほど大きくなる。その結果、係合部の把持部材との接触部分に作用する単位面積当たりの応力が低減し、係合部の把持部分からの単結晶インゴットの破断および転位の発生を防止することができる。

しかも、支持体は、塑性変形するものではなく、弾性変形領域内での形状復元が自在な線状ばねから構成されている。そのため、単結晶インゴットの成長後、別の単結晶インゴットを順次成長させる場合や、成長途中での単結晶インゴットの有転位化を原因とした単結晶インゴットの再成長作業を行う場合にも、支持体を新品に交換することなく、複数回にわたって再使用することができる。その結果、結晶保持機構のメンテナンスコストを低減化することができる。

[0014] 特に、支持体用の線状ばねとして、複数本の素線を撚り合わせて子縄とし

、さらに複数本の子縄を撚り合わせたワイヤロープ構造のものを採用した場合には、単結晶インゴットの荷重による応力負荷が支持体に作用した際、支持体を単結晶インゴットの係合部の凹凸に合わせて、1本の線状ばねの中にあっても、子縄の撚り合わせ位置や素線の撚り合わせ位置が、微細に変化する。これにより、支持体と係合部との接触面積をさらに大きくすることができる。

[0015] また、この発明は、把持部材に、上下面を貫通して対配置した長孔を離間して形成し、かつ長孔間の巻き芯部にワイヤロープを垂直方向へ長い楕円形状に、かつ上端部が巻き芯部の上面から突出するように複数回巻き掛けて支持体をコイル形状としてもよい。この場合には、ワイヤロープそのものの弾性変形作用に加え、支持体が把持爪部の上面から突出するようにワイヤロープを巻回するため、コイル形状の変形による弾性変形作用も得られる。その結果、接触部位における局所的な応力集中をより抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の要部拡大平面図である。

[図2]この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の使用状態の正面図である。

[図3]この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の使用状態を示す要部拡大縦断面図である。

[図4]この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の一部を構成する支持体の要部拡大断面図である。

[図5]この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の一部を構成する支持体の使用状態を示す要部拡大断面図である。

[図6]この発明の実施例2に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の一部を構成する支持体の使用状態を示す要部拡大平面図である。

[図7]この発明の実施例2に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の使用状態を示す要部拡大縦断面図である。

[図8]この発明の実施例2に係る別の単結晶引上げ装置の結晶保持機構の使用状態を示す要部拡大縦断面図である。

[図9]この発明の実施例3に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の使用状態を示す要部拡大正面図である。

[図10]この発明の実施例3に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構の要部拡大平面図である。

発明を実施するための形態

[0017] この発明は、るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に形成され、かつ拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成された係合部を、把持部材を用いて把持することで、前記単結晶インゴットを保持する単結晶引上げ装置の結晶保持機構において、前記把持部材に、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体を設けた単結晶引上げ装置の結晶保持機構である。

[0018] また、別の発明は、るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、結晶保持機構により前記単結晶インゴットを保持しながら、該単結晶インゴットを成長させる単結晶インゴット製造方法において、前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に、拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成される係合部を形成し、前記結晶保持機構は、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体が設けられて前記係合部を把持する把持部材を有し、前記係合部の形成後、前記把持部材により前記係合部を把持することで、該係合部を前記支持体により弾性的に支持し、この状態で前記単結晶インゴットの成長を行う単結晶インゴット製造方法である。

[0019] これらの発明によれば、係合部の縮径部は、対応する支持体を介して、把持部材により支持されるため、係合部の把持時に、支持体が単結晶インゴットの荷重によって、線状ばねの弾性変形領域内で、係合部への接触面積が増大するように変形（弾性変形）する。その結果、この把持部材との接触部分

に作用する単位面積当たりの応力が小さくなり、係合部の把持部分からの単結晶インゴットの破断および転位の発生を防止することができる。

しかも、支持体は、塑性変形するものではなく、弾性変形領域内では形状の復元が自在な線状ばねから構成されている。そのため、単結晶インゴットの成長後、別の単結晶インゴットを順次成長させる場合や、成長途中での単結晶インゴットの有転位化を原因とした単結晶インゴットの再成長作業を行う場合にも、支持体を新しいものに交換することなく、何度でも再使用することができる。その結果、結晶保持機構のメンテナンスコストを低減化することができる。

[0020] 単結晶インゴットとしては、例えば単結晶シリコンを採用することができる。その他、サファイア単結晶、フェライト単結晶、太陽電池用単結晶シリコンなどでもよい。

単結晶引上げ装置としては、各種のチョクラスキー方式の単結晶引上げ装置を採用することができる。例えば、高磁界印加状態で単結晶インゴットを引き上げるMCZ方式などでもよい。

ここでいう「ネック部と単結晶インゴットの上部との間」とは、種結晶の直下のネック部を基準として、このネック部から単結晶インゴットの肩部までの範囲、または、ネック部から胴部の上部までの範囲をいう。

[0021] ここでいう「把持部材に、係合部を弾性的に支持する…支持体」とは、単結晶インゴットの荷重の作用によって係合部との接触面積が増大するように支持体に変形し、係合部を線状ばねからなる支持体により弾性的に支持することをいう。例えば、コイル形状の線状ばねからなる支持体の場合、単結晶インゴットの荷重が、コイルの半径方向からコイルを押しつぶすように作用することで、支持体の係合部との接触面積が増大する。

係合部とは、種結晶の引き上げ速度を調整することで得られる単結晶インゴットの上方に配置されたそろばんの珠形状の膨出部分である。具体的に係合部とは、ネック部より大径で、かつ上底の面積より下底の面積が大きく、下方に向かって徐々に拡径する円錐台形状の拡径部と、この拡径部に一体的

に連続し、かつ下底の面積より上底の面積が大きく、下方に向かって徐々に縮径する逆円錐台形状の縮径部とから構成されている。また、ネック部のうち、係合部と単結晶インゴットとの間の部分は、単結晶インゴットが大重量化しても破断しないように、ネック部の種結晶と係合部との間の部分より大径となっている。

[0022] ここでいう「線状ばね」とは、長さ方向に直交する断面が円形で、かつ線のように細長い形状を有してエネルギーを吸収、蓄積する部材（線加工ばね）をいう。

線状ばねの素材としては、例えばばね鋼（SUP）、硬鋼線（SWC）、ステンレス線（SUS）、ピアノ線（SWP）などが挙げられる。

線状ばねとしては、コイルばねの他、円弧形状やリング形状などの各種形状の線加工ばねを採用することができる。

支持体の外観形状としては、例えば螺旋形状、円形状、円弧形状などを採用することができる。支持体の使用数は、1つでも2つ以上でもよい。例えば、多数本のリング形状の線状ばねを、その軸線を一致させて所定ピッチで並列したものでもよい。

[0023] 把持部材の形状としては、複数本の把持部材を使用して係合部を把持できるように、例えばY字形状、U字形状などが挙げられる。

把持部材の使用数は、2本、3本またはそれ以上である。把持部材は、その先端部を係合部の縮径部に引っ掛けた状態で単結晶インゴットを引き上げるため、単結晶インゴットのほとんどの荷重が作用する箇所は、縮径部のうち、把持部材との接触部分である。

[0024] また、この発明では、線状ばねとして、複数本の素線を撚り合わせて子縄を形成し、さらに複数本の該子縄を撚り合わせたワイヤロープを採用した方が望ましい。この場合、線状ばね（ワイヤロープ）を構成する各素線の直径や本数を変更したり、素線の撚り合わせ方を変更することで、支持体の弾性を任意に調整することができる。その結果、単結晶インゴットの荷重による応力負荷が支持体に作用した際、支持体を単結晶インゴットの係合部の凹

凸に合わせて、線状ばねを構成する子縄や子縄を構成する素線が適宜移動し、支持体が微細に変形し易くなる。これにより、支持体と係合部との接触面積がさらに大きくなり、係合部の把持部材との接触部分に作用する単位面積当たりの応力が低減し、係合部の把持部分からの単結晶インゴットの破断および単結晶インゴットの転位の発生を防止することができる。

[0025] ワイヤロープの素線の素材としては、例えばタンタル、モリブデン、ステンレス、タングステン、これらの合金など、耐熱性に優れる高融点材料を採用することが望ましい。

ワイヤロープの撚り合わせ方法は任意である。例えば、7本線7本撚りや、12本線6本撚りなど、子縄を構成する素線の本数や子縄の本数は任意に選定すればよく、ロープの束ね方も、フィラー形、ウォーリントン形、シール形、ナフレックス形、ヘルクレス形など公知のものを採用することができる。また、ワイヤロープの直径は、細すぎる場合に断線あるいは弾性変形力が十分でなく、直径が太すぎる場合には把持部材への取り付けが困難となるため、1mm～10mm程度のものを採用することが望ましい。

[0026] さらに、この発明では、把持部材に、上下面を貫通して対配置した長孔を離間して形成するとともに、この対配置した長孔間に形成された巻き芯部に、ワイヤロープを、垂直方向へ長い楕円形状にかつワイヤロープの上端部が巻き芯部の上面から突出するように複数回巻き掛けて、支持体をコイル形状にした方が望ましい。これにより、ワイヤロープそのものの弾性変形作用に加え、支持体が把持爪部の上面から突出するようにワイヤロープを巻回したことを原因とした、コイル形状の変形による弾性変形作用も得られる。その結果、接触部位における局所的な応力集中をより抑制することができる。

把持部材に形成される長孔は、1対でも2対または3対以上でもよい。

実施例 1

[0027] 次に、図1～図5を参照して、この発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構および単結晶インゴット製造方法を説明する。

図2において、10はこの発明の実施例1に係る単結晶引上げ装置の結晶

保持機構（以下、結晶保持機構）を示している。この結晶保持機構 10 は、るつぼ内の融液に浸漬した種結晶 11 を引き上げて単結晶シリコンインゴット（単結晶インゴット）I を成長させる際、種結晶 11 に連続して設けられて単結晶シリコンインゴット I を無転位化するネック部 13 から単結晶シリコンインゴット I の上部までの間に形成され、かつ拡張部 14 a とこの拡張部 14 a に連続する縮径部 14 b とから構成された係合部 14 を、2 つの把持部材 15 を用いて把持することで、単結晶シリコンインゴット I を保持するものである。

[0028] 以下、これらの構成体を具体的に説明する。

単結晶引き上げ装置はチョクラルスキー方式を採用し、直胴部の直径が 450 mm の単結晶シリコンインゴット I を引き上げる。

単結晶引き上げ装置は、中空円筒形状のメインチャンバと、メインチャンバ上に連設され、かつメインチャンバより小径なプルチャンバを備えている。メインチャンバ内の中心部には、るつぼが、回転および昇降が可能なペディスタルの上に固定されている。るつぼの外周にはヒータが配置されている。

[0029] プルチャンバの内部空間の上部には、ワイヤ W のドラムからの繰り出しとドラムへの巻き上げとを行うワイヤ引き上げ機構が設けられている。垂下されたワイヤ W の先端にはシードチャック 27 が設けられ、シードチャック 27 の下端部には種結晶 11 の上部が着脱可能に固定されている。

また、プルチャンバの内部空間の上部には、結晶保持機構 10 の昇降回転機構が収納され、この昇降回転機構によって、結晶保持機構 10 は昇降するとともに所定方向へ所定速度で回転する。

[0030] 結晶保持機構 10 は、インゴット引き上げ用のワイヤ W が内側の空間を挿通し、単結晶シリコンインゴット I の昇降および回転を行う円筒形状のフレーム 23 を有している。フレーム 23 の下端には、内側空間 18 a を有するドーナツ形状の昇降板 18 が設けられている。昇降板 18 の上面には、その周方向の対峙した 2 箇所、前記係合部 14 を把持する一対の把持部材 15 が、短尺な水平軸 25 を中心にして回動自在に離間して設けられている。これ

らの把持部材 15 の先端部には、対向配置される把持爪部 28 がそれぞれ一体的に形成されている。フレーム 23 の上部には、一对のワイヤ巻取り装置により 2 本の操作ワイヤ W1 をそれぞれ昇降操作することで、一对の把持爪部 28 を開状態から閉状態に移行させる爪部操作機構が設けられている。各操作ワイヤ W1 の下端部は、対応した把持部材 15 の元部に連結されている。

[0031] 結晶保持機構 10 の使用時には、必要によって爪部操作機構の 2 本の操作ワイヤ W1 を昇降操作し、まず一对の把持爪部 28 を閉状態としておく。これらの把持爪部 28 は、閉状態でも細いネック部 13 に接触しない。その後、ワイヤ引上げ機構のドラムから繰り出されたワイヤ W を回転させながら所定速度で徐々に巻き取ることにより、把持爪部 28 の内側の空間をシードチャック 27、種結晶 11 およびネック部 13 が順に非接触で通過する。その後、これらの把持爪部 28 は、内側の空間を上昇する係合部 14 の上端部の拡張部 14 a に当接し、その際、拡張部 14 a の徐々に拡張する滑らかな外面に沿って水平軸を中心にして開方向へ回転して行く。その後、これらの把持爪部 28 は、拡張部 14 a を通過した時点で各把持爪部 28 の自重により水平軸を中心にして閉方向に回転し、最終的にこれらの把持爪部 28 は閉状態となる。その後、係合部 14 の全体が把持爪部 28 の上方まで引き上げられた時、結晶保持機構 10 の昇降回転機構によりフレーム 23 を介して昇降板 18 を上昇させることで、一对の把持爪部 28 により縮径部 14 b の把持位置が把持される。これ以降、単結晶シリコンインゴット 1 は、係合部 14 がこれらの把持部材 15 により機械的に保持されつつ、昇降回転機構により所定速度方向に所定速度で回転しながら低速度で引上げられる。

[0032] これらの把持爪部 28 は、平面視して Y 字形状の先端部 28 a を有している。その外周面には、ワイヤロープ（線状ばね）29 が垂直方向に何重にも巻き付けられることで、これらの把持爪部 28 のうち、縮径部 14 b との接触面となる円弧形状の先端面の全域を被うコイル状の支持体 30 が設けられている（図 1 および図 3）。ワイヤロープ 29 は、7 本のタングステン製の

素線 29 a を撚り合わせて 1 本の子縄 29 b を形成し、子縄 29 b を 7 本撚り合わせたものである（図 4）。各素線 29 a の直径は 0.16 mm、ワイヤロープ 29 の直径は 2.5 mm である。把持爪部 28 の形状は、平面視して U 字形状でも C 字形状でもよい。

[0033] 以下、この発明の実施例 1 に係る単結晶インゴット製造方法を説明する。

図 2 に示すように、実施例 1 の単結晶引上げ装置によるインゴット成長では、まずワイヤ引上げ機構によりドラムから中央部のワイヤ W を繰出し、種結晶 11 の下端部をるつぼ内の融液に浸漬してこれを溶解し、そのまま所定時間だけ種結晶 11 を放置して融液に馴染ませる。その後、昇降回転機構およびワイヤ引上げ機構を介してワイヤ W を所定速度で所定方向へ回転させるとともに、るつぼを所定方向へ所定速度で回転させる。

次に、ワイヤ引上げ機構によりワイヤ W を徐々に引き上げて、種結晶 11 の下端に単結晶シリコンインゴット I を無転位化させるネック部 13 を形成し、その後も引き上げを継続することで、単結晶シリコンインゴット I の肩部 35、直胴部を順次成長させる。ここで、ネック部 13 から肩部 35 が成長されるまでの間に、ワイヤ引上げ機構によるワイヤ W の引き上げ速度を調整し、拡張部 14 a と縮径部 14 b とからなる数珠玉形状の係合部 14 を 1 つ育成する。なお、ネック部 13 のうち、係合部 14 と単結晶シリコンインゴット I との間の部分は、単結晶シリコンインゴット I が大重量化しても破断しないように、種結晶 11 と係合部 14 の間のネック部 13 の部分より大径となっている。

[0034] 次に、ワイヤ引上げ機構によりさらにワイヤ W を巻き取ることで、昇降板 18 の内側空間 18 a および把持爪部 28 の内側の空間をシードチャック 27、種結晶 11 およびネック部 13 が順に非接触で通過する。閉状態のこれらの把持爪部 28 は、その後、内側の空間を上昇する係合部 14 の上端部の拡張部 14 a に当接し、その際、拡張部 14 a の徐々に拡張する滑らかな外面に沿って水平軸を中心にして開方向へ回動して行く。その後、これらの把持爪部 28 は、拡張部 14 a を通過した時点で各把持爪部 28 の自重により

水平軸を中心にして閉方向に回転し、最終的にこれらの把持爪部 28 は閉状態となる。その後、係合部 14 の全体が把持爪部 28 の上方まで引き上げられた時、結晶保持機構 10 の昇降回転機構によりフレーム 23 を介して昇降板 18 を上昇させることで、一对の把持爪部 28 により縮径部 14 b の把持位置が把持される。この状態でワイヤ引上げ機構により所定速度でワイヤ W をドラムに巻き上げるとともに、これと同一速度で単結晶シリコンインゴット I が引き上げられるように昇降回転機構により操作ワイヤ W1 を操作し、フレーム 23 を所定速度で上昇させるとともに、所定方向へ所定の回転速度で回転させながら、単結晶シリコンインゴット I を成長させて行く。

[0035] このように、係合部 14 の縮径部 14 b が、多数本のワイヤロープ 29 からなる一对の支持体 30 を介して、2 本の把持部材 15 により支持されるため、係合部 14 の把持時に、支持体 30 が単結晶シリコンインゴット I の荷重によって、ワイヤロープ 29 の弾性変形領域内で、コイル形状の支持体 30 を半径方向から押しつぶすように変形（弾性変形）する。この変形は、単結晶シリコンインゴット I の成長が進行してこれが重くなるほど大きくなる。その結果、従来の結晶保持機構の場合に比べて、これらの把持爪部 28 の縮径部 14 b への接触面積が増大し、この把持爪部 28 との接触部分に作用する単位面積当たりの応力が小さくなり、係合部 14 の把持部分からの単結晶シリコンインゴット I の破断および転位の発生を防止することができる。

[0036] しかも、支持体 30 は、従来の結晶保持機構のように塑性変形するものではなく、弾性変形領域内では形状の復元が自在なワイヤロープ 29 から構成されている。そのため、単結晶シリコンインゴット I の成長後、別の単結晶シリコンインゴット I を順次成長させる場合や、成長途中での単結晶シリコンインゴット I の有転位化を原因とした単結晶シリコンインゴット I の再成長作業を行う場合にも、支持体 30 を新しいものに交換することなく、何度でも再使用することができる。その結果、結晶保持機構 10 のメンテナンスコストの低減化が図れる。

[0037] また、支持体 30 をワイヤロープ 29 により構成しているため、ワイヤロ

ープ29を構成する各素線29aの直径の変更および素線29aの撚り合わせ方の変更を行うことで、支持体30の弾性力を任意に変更することができる。その結果、単結晶シリコンインゴット1の荷重による応力負荷が支持体30に作用した際、支持体30を単結晶シリコンインゴット1の係合部14の凹凸に合わせて、それぞれのワイヤロープ29を構成する子縄29bや素線29aを移動（横滑り）させて、支持体30を微細に変形させることができる（図5）。これにより、支持体30と係合部14との接触面積をさらに大きくすることができる。しかも、縮径部14bの周方向における縮径部14bと支持体30との接触割合も、従来品の場合（例えば40～60％）に比べて大きくなり（例えば80～90％）、接触部位における局所的な応力集中を抑制することができる。

実施例 2

[0038] 次に、図6～図8を参照して、この発明の実施例2に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構を説明する。

図6および図7に示すように、この発明の実施例2の単結晶引上げ装置の結晶保持機構10Aの特徴は、平面視して略Y字形状のこれらの把持爪部28の先端部28aを、それぞれ先方へ向かって徐々に薄肉に形成するとともに、これらの把持爪部28の先端部28aに、支持体30Aの一部を埋設した点である。

具体的には、先細りのこれらの把持爪部28の先端部28aのうち、幅方向のこれらの端部分および中間部分に、内外方向へ平行に離間した合計3対の長孔28bをそれぞれ形成するとともに、各対応する長孔28b間にワイヤロープ29の巻き芯部28cを、これらの把持爪部28と同一素材で一体形成する。その後、各巻き芯部28cにワイヤロープ29を垂直方向へ長い楕円形状に何回も巻き掛けることで、支持体30Aをコイル形状にしたものである。このとき、ワイヤロープ29の各巻きの上端部が把持爪部28の上面から突出し、ワイヤロープ29の各巻きの下端部が把持爪部28の下面から突出している。

[0039] 単結晶シリコンインゴット I の保持時には、係合部 14 の縮径部 14 b に、支持体 30 A の上方へ突出した上端部が当接し、単結晶シリコンインゴット I の荷重が加わることによって、縮径部 14 b の外面形状に倣うように、支持体 30 A はコイルを半径方向に押しつぶすように弾性変形する。これにより、接触部位における局所的な応力集中をさらに抑制することができる。しかも、ワイヤロープ 29 そのものの弾性変形作用に加え、支持体 30 A が把持爪部 28 の上面から突出するようにワイヤロープ 29 を巻回したことで、コイル形状の変形による弾性変形（クッション）作用も得られる。その結果、接触部位における局所的な応力集中をより抑制することができる。

また、図 8 に示すように、これらの把持爪部 28 の先端部 28 a を、係合部 14 の縮径部 14 b の傾斜角度に合わせて斜め下方へ屈曲させることで、支持体 30 A の上端部を、縮径部 14 b の外周面に略直角に当接させて、これらの把持爪部 28 の厚さを増大させてもよい。

その他の構成、作用および効果は、実施例 1 と同じであるので説明を省略する。

実施例 3

[0040] 次に、図 9 および図 10 を参照して、この発明の実施例 3 に係る単結晶引上げ装置の結晶保持機構を説明する。

図 9 および図 10 に示すように、この発明の実施例 3 の単結晶引上げ装置の結晶保持機構 10 B の特徴は、これらの把持爪部 28 の先端上部に、先方へ向かって徐々に幅狭となるテーパ加工を施す点と、直径 3 mm のタングステン製の線状ばね 32 を、円形に何回も巻き付けて支持体 30 B を形成し、支持体 30 B の下半分を、これらの把持爪部 28 の先端部 28 a の上面に、支持体 30 B の全長にわたって埋設した点である。具体的には、これらの把持爪部 28 の平面視して円弧形状の先端部 28 a には、その内縁部分の上面に、平面視して円弧形状で、かつ長さ方向に直交する断面が略半円形状の嵌合溝 28 d がそれぞれ形成されている。これらの嵌合溝 28 d には、コイル状に巻回した線状ばね 32 が、それぞれ押し縮められた状態で嵌め込まれて

いる。これらの線状ばね 3 2 は、コイル長さ方向へ伸長するばね力を利用し、対応する嵌合溝 2 8 d に強固に固定されている。その結果、実施例 2 と同様の効果に加え、線状ばね 3 2 からなるコイルの着脱が簡便となる。

その他の構成、作用および効果は、実施例 2 と略同じであるため説明を省略する。

[0041] 以上、本発明の実施例を説明したが、本発明は把持爪部の先端部の構造を特徴とするものであって、把持爪部を除くその他の構成（把持爪部の開閉機構または単結晶インゴットの係合部の挟み込み機構、結晶保持機構の昇降機構、回転機構など）は限定されないのは言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0042] 本発明によれば、例えば、直径 4 5 0 m m の単結晶インゴットの育成など、育成する単結晶インゴットの重量が増大しても、単結晶インゴットに破断や転位を発生させることなく、安全に単結晶インゴット育成を行うことができる。

符号の説明

[0043] 1 0, 1 0 A, 1 0 B 単結晶引上げ装置の結晶保持機構、

1 1 種結晶、

1 3 ネック部、

1 4 係合部、

1 4 a 拡径部、

1 4 b 縮径部、

1 5 把持部材、

2 8 b 長孔、

2 8 c 巻き芯部、

2 9 ワイヤロープ（線状ばね）、

2 9 a 素線、

2 9 b 子縄、

3 0, 3 0 A, 3 0 B 支持体、

3 2 線状ばね、

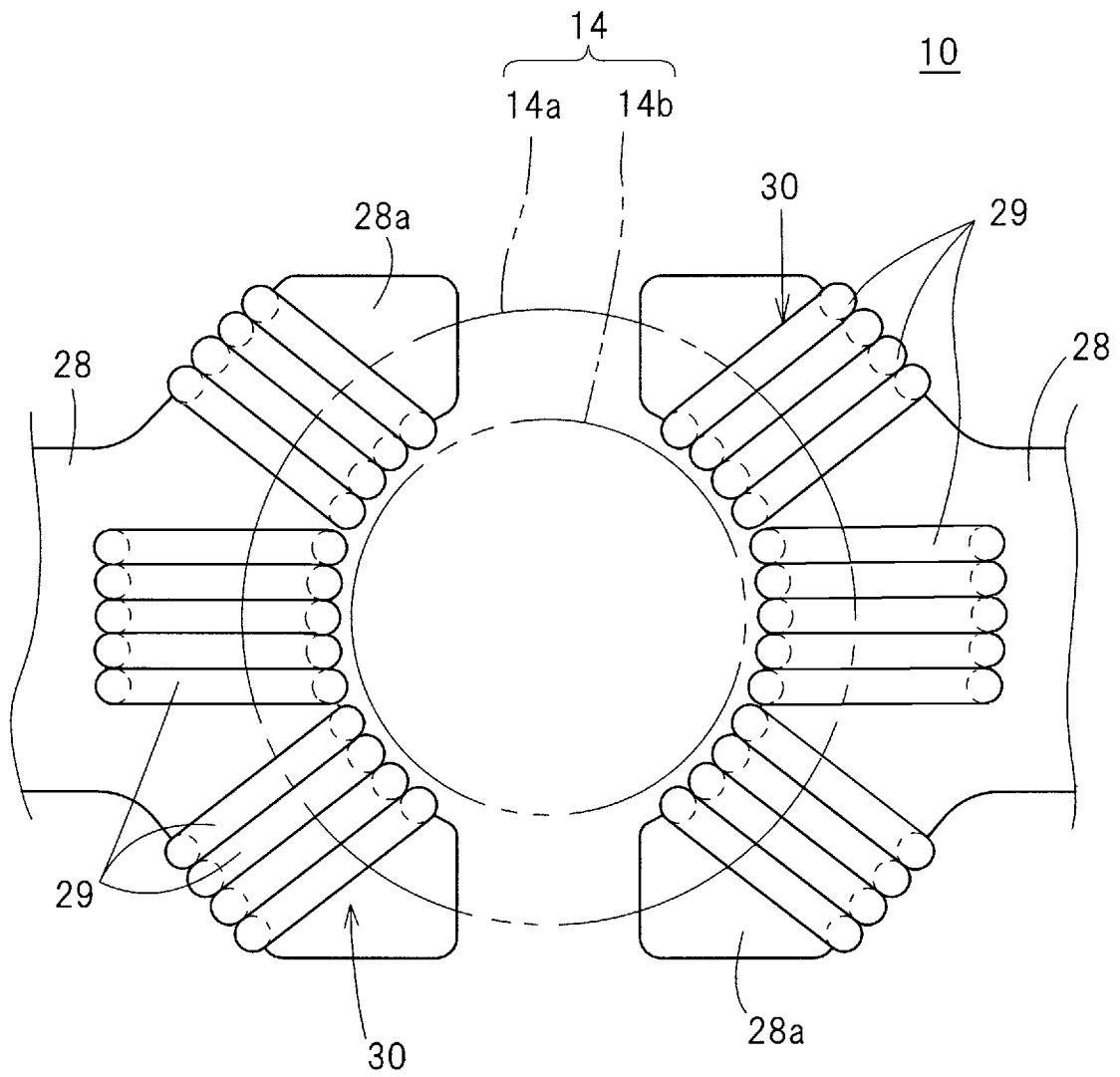
1 単結晶シリコンインゴット（単結晶インゴット）。

請求の範囲

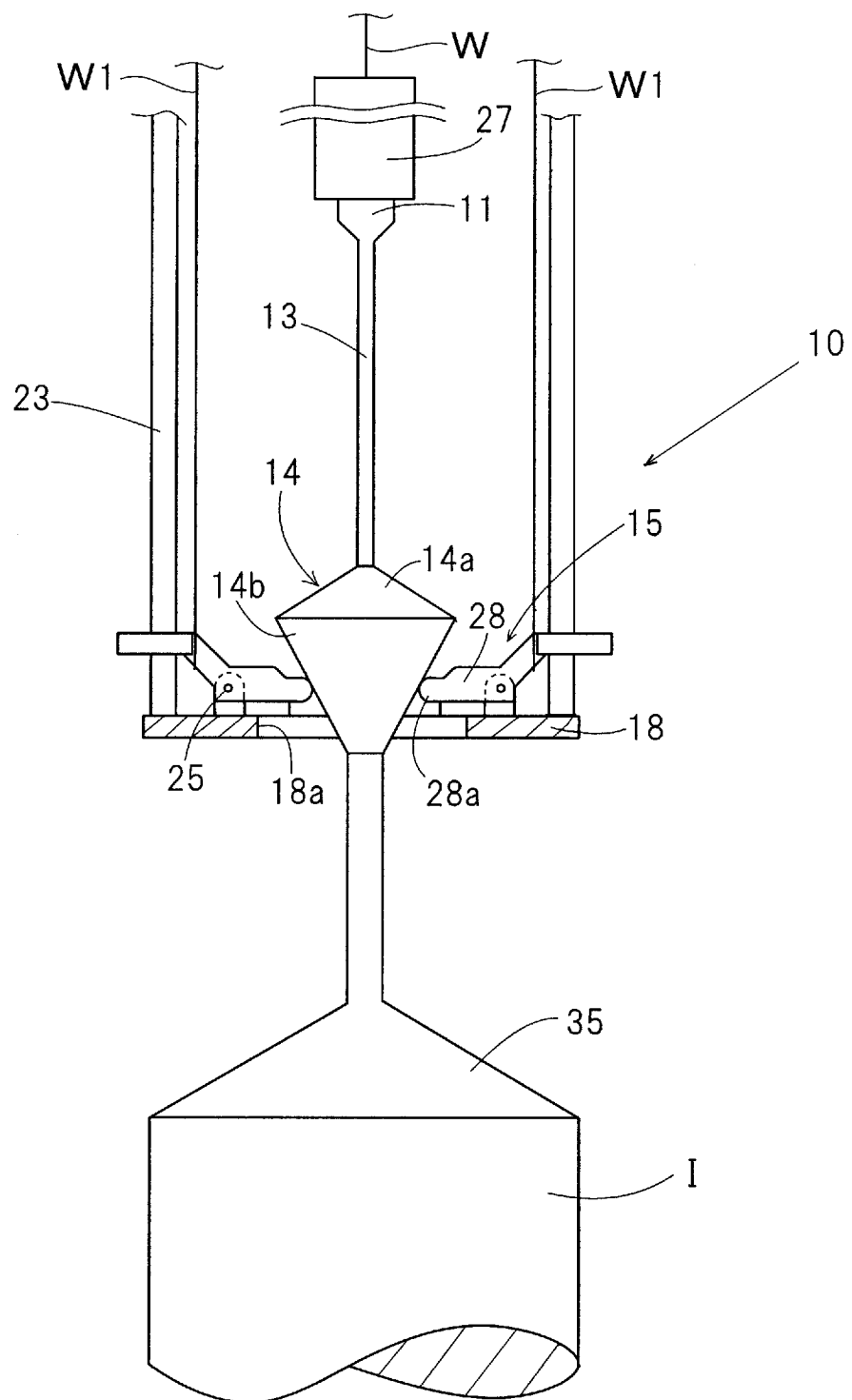
- [請求項1] るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に形成され、かつ拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成された係合部を、把持部材を用いて把持することで、前記単結晶インゴットを保持する単結晶引上げ装置の結晶保持機構において、
- 前記把持部材に、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体を設けた単結晶引上げ装置の結晶保持機構。
- [請求項2] 前記線状ばねは、複数本の素線を撚り合わせて子縄を形成し、さらに複数本の該子縄を撚り合わせたワイヤロープで構成された請求項1に記載の単結晶引上げ装置の結晶保持機構。
- [請求項3] 前記把持部材には、上下面を貫通して対配置した長孔を離間して形成するとともに、この対配置した長孔間に形成された巻き芯部に、前記ワイヤロープを垂直方向へ長い楕円形状で、かつ上端部が前記巻き芯部の上面から突出するように複数回巻き掛けることで、前記支持体をコイル形状にした請求項2に記載の単結晶引上げ装置の結晶保持機構。
- [請求項4] るつぼ内の融液に浸漬した種結晶を引き上げて単結晶インゴットを成長させる際、結晶保持機構により前記単結晶インゴットを保持しながら、該単結晶インゴットを成長させる単結晶インゴット製造方法において、
- 前記種結晶に連続したネック部から前記単結晶インゴットの上部までの間に、拡径部と該拡径部に連続する縮径部とから構成される係合部を形成し、
- 前記結晶保持機構は、前記係合部を弾性的に支持する線状ばねからなる支持体が設けられて前記係合部を把持する把持部材を有し、
- 前記係合部の形成後、前記把持部材により前記係合部を把持するこ

とで、該係合部を前記支持体により弾性的に支持し、この状態で前記単結晶インゴットの成長を行う単結晶インゴット製造方法。

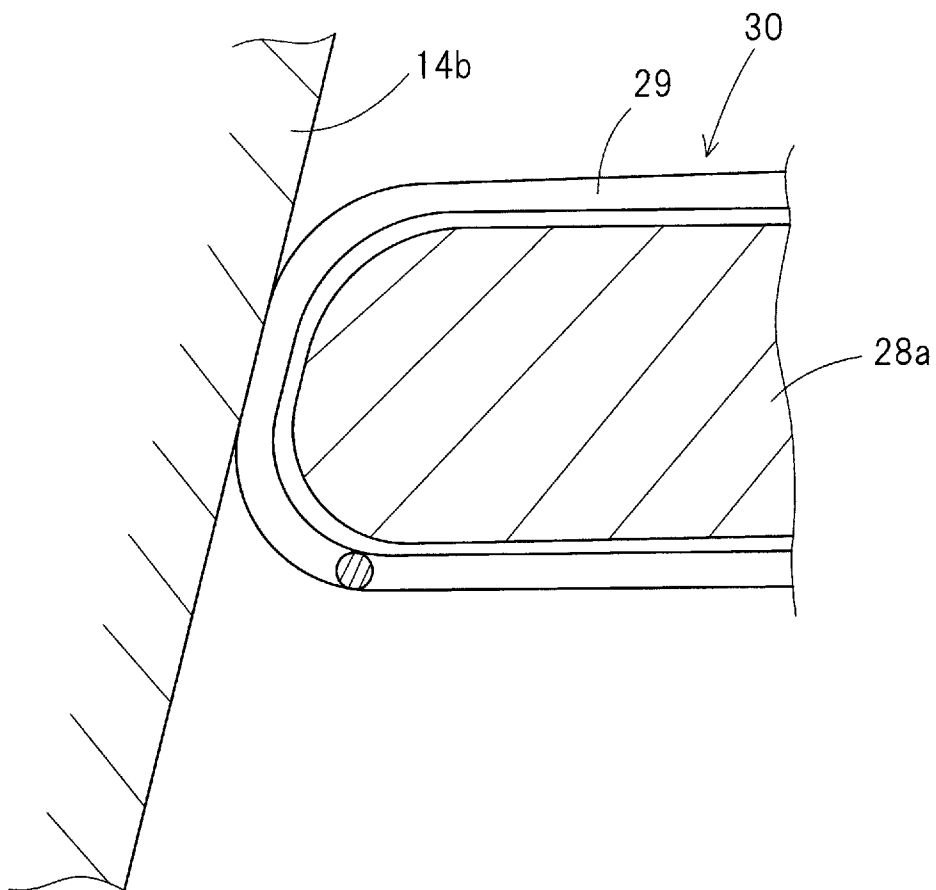
[図1]



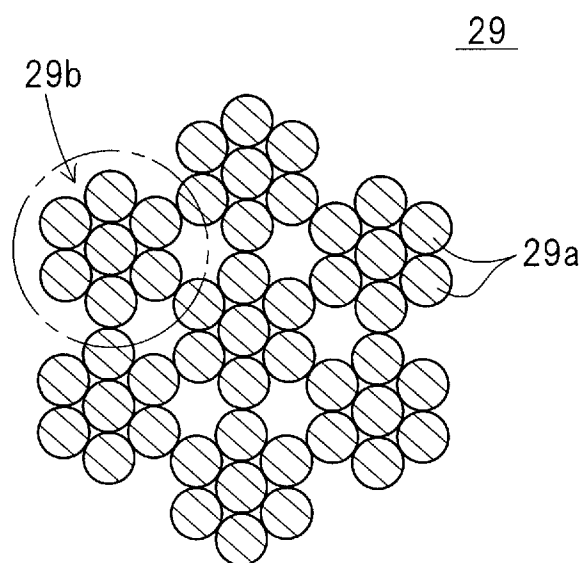
[図2]



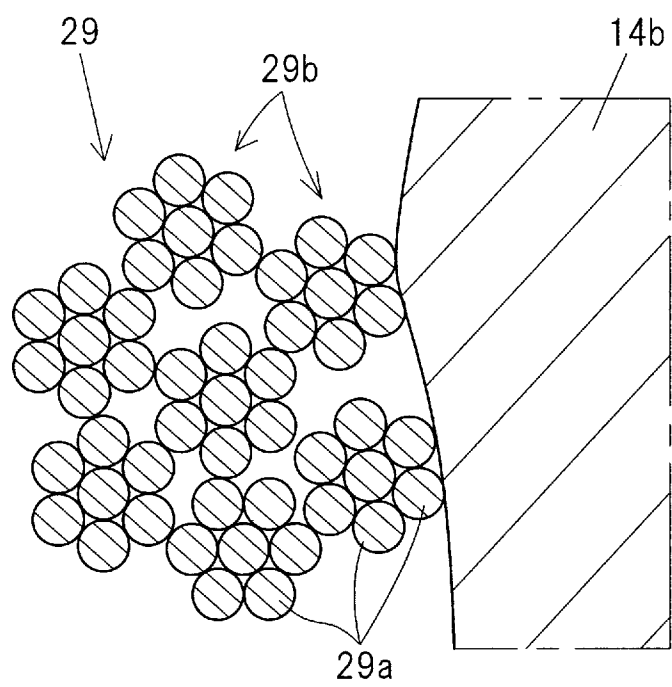
[図3]



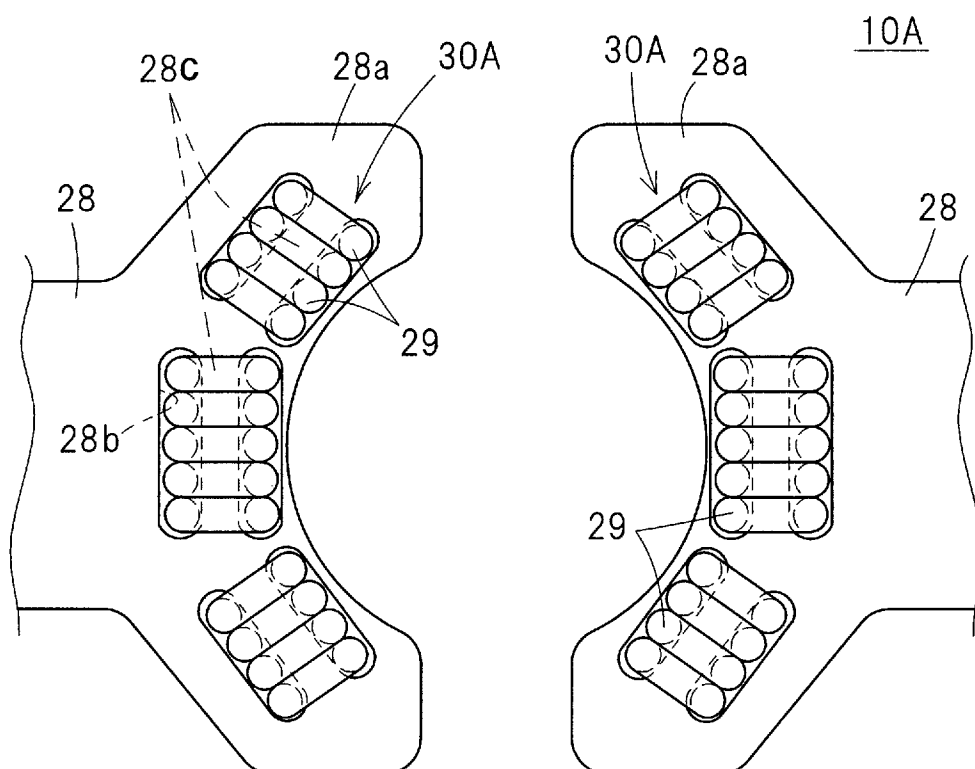
[図4]



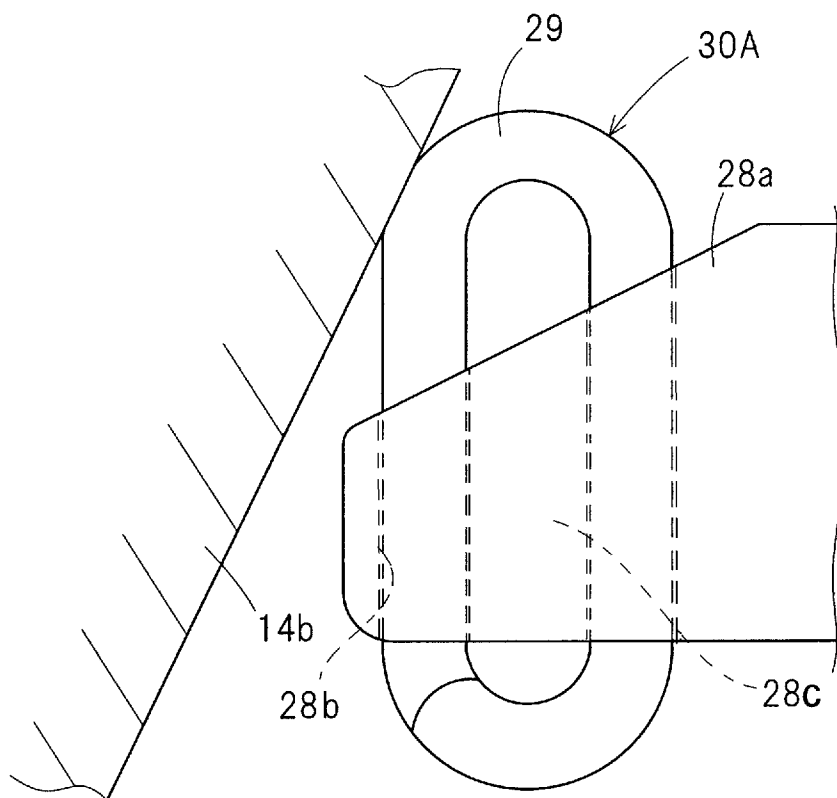
[図5]



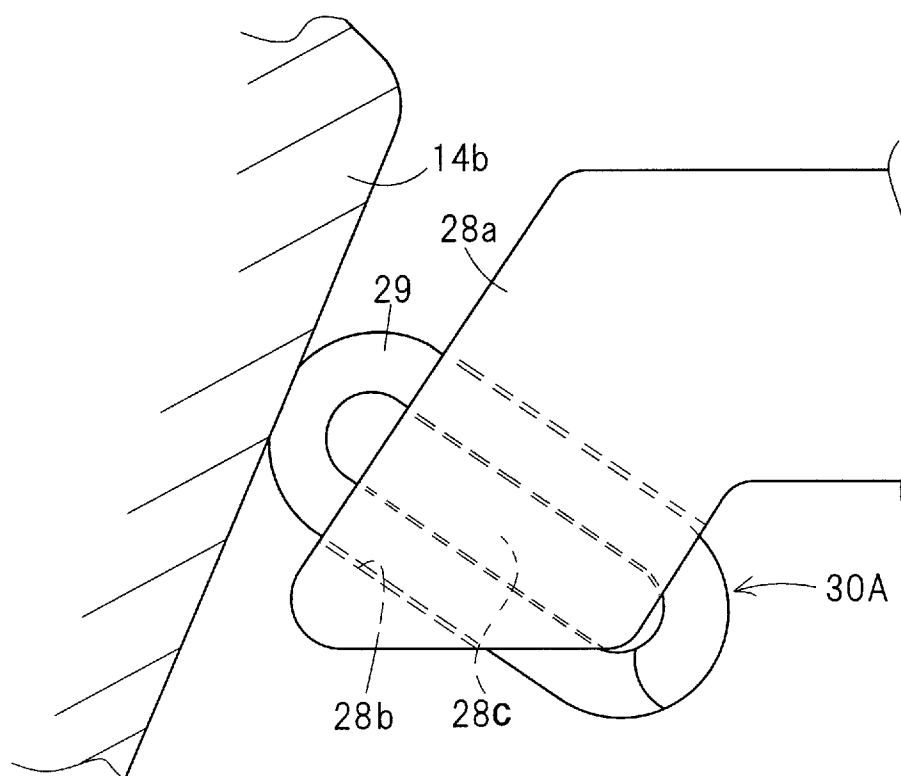
[図6]



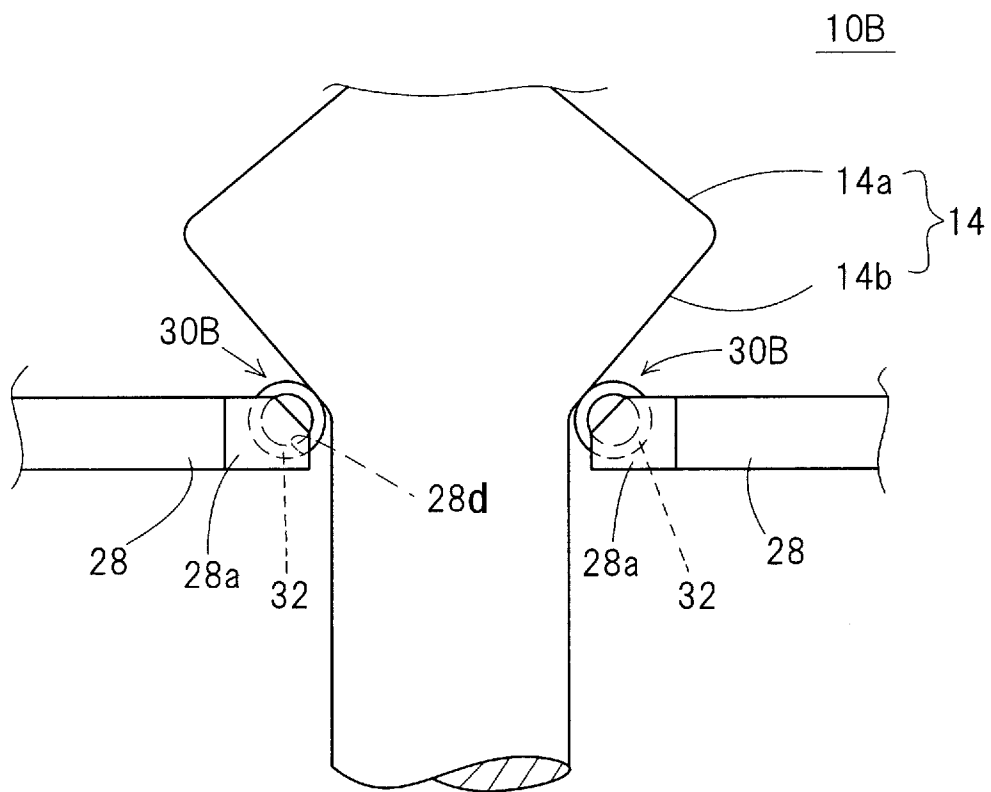
[図7]



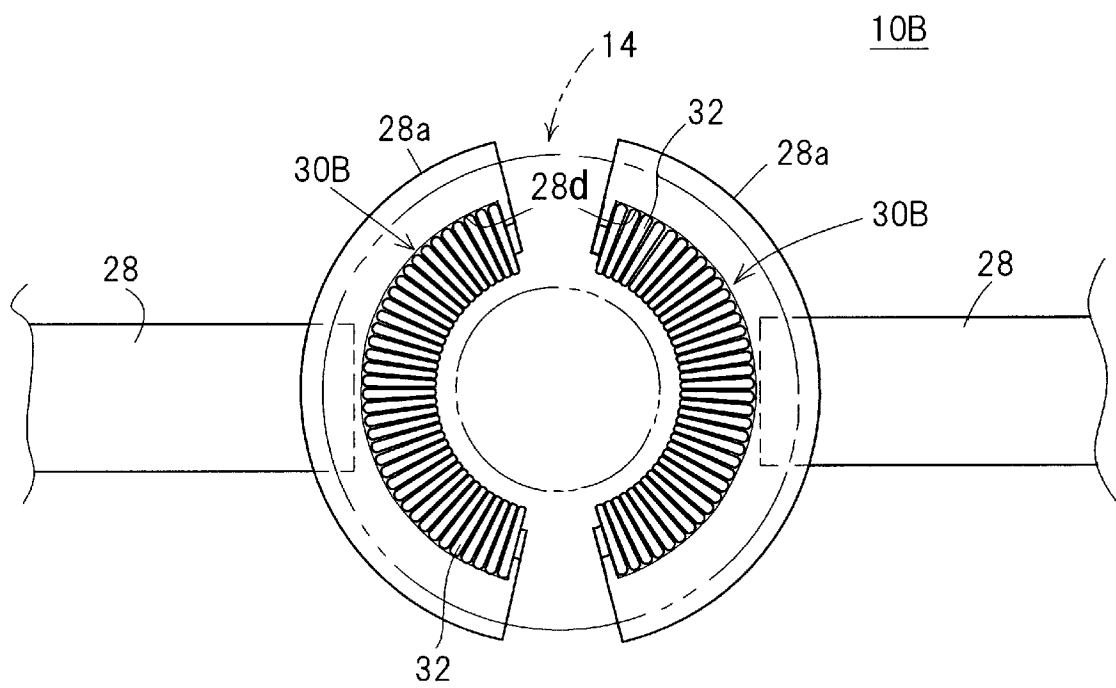
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059203

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B15/30(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, F16F1/02(2006.01)i

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)

C30B15/30, C30B29/06, F16F1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-273389 A (Super Silicon Crystal Research Institute Corp.), 13 October 1998 (13.10.1998), claims; paragraphs [0019] to [0022]; drawings (Family: none)	1-4
A	JP 2000-7490 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 11 January 2000 (11.01.2000), claims; paragraph [0033]; drawings (Family: none)	1-4
A	JP 10-273383 A (Super Silicon Crystal Research Institute Corp.), 13 October 1998 (13.10.1998), claims; paragraphs [0024], [0032]; drawings (Family: none)	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



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 application or patent 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
27 April, 2012 (27.04.12)Date of mailing of the international search report
22 May, 2012 (22.05.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059203

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2005-29434 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 03 February 2005 (03.02.2005), claims; paragraphs [0013], [0018]; drawings (Family: none)	1-4
A	JP 10-95690 A (Sumitomo Sitix Corp.), 14 April 1998 (14.04.1998), claims; paragraphs [0027] to [0034]; drawings & US 6159282 A	1-4
A	JP 2008-31036 A (Crystal Growing Systems GmbH), 14 February 2008 (14.02.2008), claims; paragraphs [0032], [0036] to [0042]; drawings & US 2008/0022922 A1	1-4
A	JP 2000-169291 A (Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.), 20 June 2000 (20.06.2000), claims; drawings & US 6315827 B1	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C30B15/30(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, F16F1/02(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C30B15/30, C30B29/06, F16F1/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 10-273389 A（株式会社スーパーシリコン研究所）1998.10.13, 特許請求の範囲、【0019】～【0022】及び図面（ファミリーなし）	1～4
A	JP 2000-7490 A（信越半導体株式会社）2000.01.11, 特許請求の範囲、【0033】及び図面（ファミリーなし）	1～4
A	JP 10-273383 A（株式会社スーパーシリコン研究所）1998.10.13, 特許請求の範囲、【0024】【0032】及び図面（ファミリーなし）	1～4

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 2 . 0 5 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

近野 光知

4 G

9 2 6 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2005-29434 A (東芝セラミックス株式会社) 2005.02.03, 特許請求の範囲、【0013】【0018】及び図面 (ファミリーなし)	1 ~ 4
A	JP 10-95690 A (住友シチックス株式会社) 1998.04.14, 特許請求の範囲、【0027】~【0034】及び図面 & US 6159282 A	1 ~ 4
A	JP 2008-31036 A (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) 2008.02.14, 特許請求の範囲、【0032】、【0036】~【0042】及び図面 & US 2008/0022922 A1	1 ~ 4
A	JP 2000-169291 A (コマツ電子金属株式会社) 2000.06.20, 特許請求の範囲及び図面 & US 6315827 B1	1 ~ 4