

(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
2009年8月27日(27.08.2009)

PCT

(10) 国際公開番号

WO 2009/104533 A1

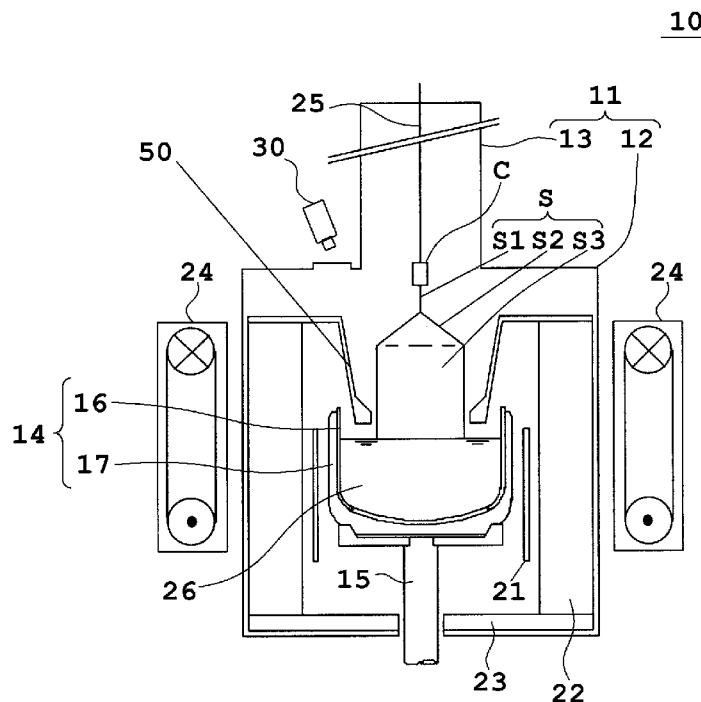
- (51) 国際特許分類: C30B 29/06 (2006.01) C30B 15/10 (2006.01) 港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO 内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/052485 (74) 代理人: 安倍 逸郎(ABE, Itsurou); 〒8020005 福岡 県北九州市小倉北区堺町1丁目9-6 コンプレート堺町ビル403号 安倍国際特許事務所 Fukuoka (JP).
- (22) 国際出願日: 2009年2月16日(16.02.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語 (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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (30) 優先権データ: 特願 2008-036678 2008年2月18日(18.02.2008) JP (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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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,
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社SUMCO (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): 藤原 俊幸 (FUJIWARA, Toshiyuki) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO 内 Tokyo (JP). 細井 健彦 (HOSOI, Takehiko) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目2番1号 株式会社SUMCO 内 Tokyo (JP). 中村 剛 (NAKAMURA, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒1058634 東京都

[続葉有]

(54) Title: SILICON SINGLE CRYSTAL GROWING DEVICE AND QUARTZ CRUCIBLE

(54) 発明の名称: シリコン単結晶成長装置および石英ルツボ

[図1]



(57) Abstract: Provided is a crucible for 450-mm wafers which has a peripheral wall having an outer diameter of at least 36 inches and a depth on the center line of no more than 80% of the outer diameter. Thus, a camera imaging angle of a single crystal during pulling is ensured, and the size and density of defects in the single crystal can be made as desired.

(57) 要約: 450mmウェーハ用のルツボは、周壁部の外径を36インチ以上、中心線上の深さを前記外径の80%以下とした。これにより、引き上げ中の単結晶のカメラ撮像角度の確保と、単結晶中の欠陥のサイズや密度を所望にできる。

WO 2009/104533 A1

NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, 添付公開書類:
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, — 國際調查報告 (條約第 21 條(3))
TG).

明 細 書

シリコン単結晶成長装置および石英ルツボ

技術分野

[0001] この発明はシリコン単結晶成長装置および石英ルツボ、詳しくは直径が450mmのシリコンウェーハ用のシリコン単結晶を成長可能なシリコン単結晶成長装置および石英ルツボに関する。

背景技術

[0002] チョクラルスキー法(CZ法)によりシリコン単結晶を製造する装置としては、例えば特許文献1、非特許文献1に記載されたものが知られている。すなわち、石英ルツボ内で固体の結晶用シリコン原料を加熱溶解して熔融液(シリコン融液)を形成し、その後、この熔融液に種結晶を浸してこれを回転させながら引き上げ、種結晶の下方にシリコン単結晶を成長させる装置である。

一般的なシリコン単結晶成長装置による結晶成長方法では、まずネック部を経て種結晶の直径より大きい所定径までシリコン単結晶を増径(増径部)させる。その後、増径部に連続して、ほぼ一定径の直胴部(ボディ部)を所定長さだけ形成する。次に、直胴部に連続して減径部を形成し、熔融液からシリコン単結晶を切り離す。なお、ネック部とは、種結晶を熔融液に浸した時などに導入される転位を除去する部分である。また、減径部とは、成長中のシリコン単結晶が熔融液から切り離れる際の急激な温度変化による転位を防ぐ部分である。以上の工程を経て、シリコン単結晶が製造される。

得られたシリコン単結晶の直胴部に対しては、外周研削、ブロック切断、スライス、研磨が順次施され、多数枚のシリコンウェーハとなる。その後、必要により熱処理、エピタキシャル成長などが施され、半導体装置の材料であるシリコンウェーハが作製される。

[0003] ところで、石英ルツボ内に投入された結晶用シリコン原料のうち、シリコン単結晶の不要部分(増径部、減径部および外周研削時に除かれた部分)と、石英ルツボ内に残存した熔融液とが、シリコンブロックとして利用できなかった原料部分となる。

シリコン単結晶をチョクラルスキー法で成長させる場合、同じ直径の直胴部であれば、外周研削によって除かれた部分の量は、直胴部の長さ按比例する。しかしながら、増径部、減径部の大きさは、直胴部の長さによらず、ほぼ一定に成長可能である。また、石英ルツボ内に少量残る溶融液の量も、直胴部の長さ(石英ルツボ内に最初に形成される溶融液量)に関係なく、ほぼ一定にすることができる。

そのため、結晶用シリコン原料に対するシリコンブロックの重量比を歩留まりとした場合、石英ルツボ内に最初に形成される溶融液の量を増やし、直胴部が長いシリコン単結晶を成長させれば、歩留まりは高まる。

近年、シリコン単結晶の大口径化が推進されており、直径300mmのシリコンウェーハ用のシリコン単結晶が製造され、また直径450mmのシリコンウェーハ用のシリコン単結晶の製造も行われようとしている(非特許文献1)。

[0004] 特許文献1:日本国特開平11-278993号公報

非特許文献1:文献名:-先端LSIが要求するウェーハ技術の現状-最新シリコンデバイスと結晶技術、発行:日本国リアライズ理工センター/リアライズAT株式会社、発行日2005年12月29日、第3章結晶技術、1.5 450mm径を想定した結晶技術課題(243頁、244頁)

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0005] このように、引き上げる直胴部の直径が大きくなれば、増径部および減径部の各寸法、各重量も増大する。そのため、同じ石英ルツボを使用し、同一量の溶融液からシリコン単結晶を成長させたときの歩留まりは、直胴部の直径の増大に伴って低下する。ここで、増径部および減径部の形状が直径に対して相似である場合における、直胴部の直径に対する歩留まりの変化を図4のグラフに示す。

[0006] チョクラルスキー法では、シリコン単結晶の直胴部の増大に伴い、直径および高さ(深さ)が比例して増大した石英ルツボの使用が可能であれば、直胴部の直径にかかわらず、ほぼ同じ歩留まりでシリコン単結晶を成長させることができる。従来、チョクラルスキー法で用いられる石英ルツボは、シリコン単結晶の直胴部の直径に対して、周壁部の外径が2.5~3倍程度であった。石英ルツボの深さ(高さ)および内径は、石

英ルツボの外径に比例する。

直胴部の直径が300mm以下のシリコンウェーハ用のシリコン単結晶の成長では、石英ルツボのサイズは、上述のように相似形状のものを使用することができる。しかしながら、直胴部の直径が450mmを超えるシリコン単結晶をチョクラルスキー法で製造する場合、使用(製造)可能な石英ルツボの直径は45インチ以下である。すなわち、45インチを超える石英ルツボは大型であるので、従来のルツボ製造装置では石英粉の熔融に必要な熱量を十分与えることができない。そのため、直径300mm以下のシリコンウェーハ用のシリコン単結晶の成長で使用する石英ルツボの場合と比較し、ルツボ品質が劣ったものしか製造できない。その結果、45インチを超える石英ルツボは得られ難い。これにより、シリコン単結晶の直径の2.5倍以下の外径を有する石英ルツボを利用せざるを得なかった。また、仮に大型の石英ルツボが製造可能であっても、シリコン単結晶成長装置が極端に大型化するので、製造法として限界を超えるという懸念や、シリコン単結晶成長中に大型の石英ルツボの方が従来サイズの石英ルツボより高温となるので、石英ルツボが軟化して変形し、シリコン単結晶成長が途中で不可能になるおそれもあった。

[0007] このような状況下で、直径300mm以下のシリコンウェーハ用のシリコン単結晶の製造と同程度の歩留まりを得る対策として、石英ルツボの深さを深くし、最初に形成する熔融液の量を増やすことが考えられる。

石英ルツボの深さは、チョクラルスキー法によるシリコン単結晶の各製造工程において、次の2つの点で大きな影響を与える。

[0008] (1)シリコン単結晶の成長では、シリコン単結晶の直径と引き上げ速度とを予め設定されたプロファイルにしたがって制御することで、シリコン単結晶の直径が測定される。測定法としては、ロードセルなどでシリコン単結晶の重量を測定し、このときの重量変化からシリコン単結晶の直径を算出する方法が知られている。その他、CCDカメラなどにより光学的にシリコン単結晶の直径を測定する方法も知られている。直径450mmを超えるシリコン単結晶は大重量となる。その結果、ロードセルなどでの計量値からシリコン単結晶の直径を算出する方法では、十分な計測精度が得られない。したがって、前記光学的な測定が必須となる。

しかしながら、450mmウェーハ用のシリコン単結晶の直胴部の直径をCCDカメラにより安定的に測定するには、シリコン単結晶の引き上げ中心線(引き上げ軸の軸線)に対して、CCDカメラの角度位置を20°以上傾ける必要があった。ところが、装置内には、石英ルツボの周壁部、その外側のヒータや保温筒からシリコン単結晶へ向かう輻射熱を防ぐ遮蔽体が設置されている。そのため、石英ルツボの深さが深ければ高い遮蔽体の設置が必要となる。その結果、遮蔽体が障害となり、CCDカメラの角度の設定に支障をきたしていた。

[0009] (2)また、チョクラルスキー法では、格子間シリコンおよび空孔などの点欠陥、石英ルツボから熔融液中に溶出した酸素などが、シリコン単結晶の成長(凝固)界面から、この単結晶中に取り込まれる。これらの点欠陥および酸素は、成長に伴うシリコン単結晶の冷却時に、拡散や凝縮などで結晶欠陥を形成したり、欠陥の核を形成することが知られている。そこで、欠陥のサイズおよび欠陥の密度を制御するため、予めシミュレーション(事前実験)を行い、炉内の構成(ホットゾーン設計)を決定し、シリコン単結晶の引き上げ中の冷却パターンを設定がなされている。すなわち、結晶欠陥および欠陥核を制御し、生産性を高めるには、シリコン単結晶の冷却パターンを、できるだけ急冷のパターンとすることが望ましい。

ところが、シリコン単結晶を取り囲む空間には、輻射熱の遮蔽体が設置されている。遮蔽体は、引き上げ中のシリコン単結晶をより急冷し、また、長さ方向の冷却パターンの変化を小さくする筒体である。前述のように石英ルツボの深さが深くなれば、引き上げ時に上昇する石英ルツボのスペースを覆うため、高い遮蔽体を設置することになる。しかしながら、この方法によれば高い遮蔽体によりシリコン単結晶を取り囲むので、シリコン単結晶自身の熱輻射により、シリコン単結晶は急冷ではなく徐冷となる。これにより、欠陥および欠陥核について、各所望のサイズや各所望の密度を得ることができない。

[0010] そこで、発明者は、鋭意研究の結果、石英ルツボの外径を直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の引き上げに適した36インチ以上とした上で、石英ルツボの直径に対する石英ルツボの深さの割合に着目した。すなわち、熔融液の液面において、シリコン単結晶が引き上げられる石英ルツボの中心線上の深さを、

周壁部の外径の80%以下とすれば、CCDカメラによるシリコン単結晶の良好な撮像角度(引き上げ中心線(鉛直方向)から20°以上の傾斜角度)の確保が可能となることを知見した。しかも、上記80%以下の構成にすれば、この冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶(直径302~320mm)を引き上げる場合と同程度にすることができる。その結果、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度を制御した高品質のシリコン単結晶が得られることを知見し、この発明を完成させた。

[0011] この発明は、光学カメラによってシリコン単結晶の直径を計測する際、良好な撮像角度を確保することができる。しかも、引き上げ中の直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の引き上げの場合と同程度とすることができる。これにより、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度を制御した高品質のシリコン単結晶を得ることができる。この発明は、以上の効果を同時に満足させることができるシリコン単結晶成長装置および石英ルツボ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

[0012] 請求項1に記載の発明は、チャンバに収納された石英ルツボ内に結晶用シリコン原料を充填して熔融し、その熔融液に浸漬した種結晶を回転させながら引き上げることにより、該種結晶の下方にチョクラルスキー法によりシリコン単結晶を成長させるシリコン単結晶成長装置であつて、前記シリコン単結晶は、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部を有し、前記チャンバの上部には、前記熔融液の液面付近における前記シリコン単結晶を撮像する光学カメラが設けられ、前記石英ルツボは、外径が全長にわたって一定の周壁部と、該周壁部の下側の開口部を塞ぐ底部とを有し、前記周壁部の外径は36インチ以上で、前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の80%以下であるシリコン単結晶成長装置である。

[0013] 請求項1に記載の発明によれば、直径450mmのシリコンウェーハ用のシリコン単結晶を引き上げる石英ルツボとして、周壁部の外径が36インチ以上で、かつ石英ルツボの中心線上の深さが周壁部の外径の80%以下のものを採用した。シリコン単結晶の引き上げの中心線は、石英ルツボの中心線と略重なる。そのため、周壁部の外

径を36インチ(914.4mm)以上とすれば、シリコン単結晶の周囲には、石英ルツボの半径方向において、石英ルツボの厚みを除いても幅200mm以上の円筒形の空間が形成される。この大きさの円筒空間を得ることで、引き上げ中心線に対して20°以上の傾斜角度を確保することができる。この20°以上は、光学カメラによるシリコン単結晶の良好な撮像角度である。これにより、シリコン単結晶の成長に伴い、熔融液の液面が石英ルツボの底部の領域まで達したとき、シリコン単結晶をカメラ撮像してシリコン単結晶の直径を計測できなくなるおそれが解消される。

[0014] しかも、石英ルツボの中心線上の深さ(底部の内面の中央から、周壁部の開口した上面の中央までの高さ)を、周壁部の外径の80%以下と浅くしたので、熔融液の液面付近において、シリコン単結晶の引き上げ直後の部分の冷却効果が高まる。これにより、引き上げ中の450mmウェーハ用のシリコン単結晶の冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の引き上げの場合と同程度まで改善することができる。その結果、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度を制御した高品質のシリコン単結晶を得ることができる。

[0015] チャンバとしては、例えば、石英ルツボが収納されるメインチャンバ上に、メインチャンバより小径なプルチャンバが連通されたものなどを採用することができる。

結晶用シリコン原料としては、固体の多結晶シリコンなどを採用することができる。もちろん、熔融液にはボロン(B)、リン(P)などのドーパントを投入してもよい。

シリコン単結晶の形状としては、例えばネック部(絞り部)、増径部(上向きコーン部)、直胴部、減径部(下向きコーン部)を有するものを採用することができる。また、ネック部がほとんどないもの、減径部が存在しないものでもよい。

直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部とは、直径がシリコンウェーハの直径と同じ450mmのものである必要はなく、それより大径な例えば直径451~480mmの直胴部のものを含む。すなわち、シリコン単結晶の直胴部に対しては、ウェーハ加工工程で、ブロック切断後のシリコンブロックに対して0.5~15mm程度の外周研削が施される。これを考慮し、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の直胴部の直径は、451~480mmに設定されている。

チョクラルスキー法としては、一般的なCZ法だけでなく、石英ルツボの周りに磁石

が配設された磁場印加方式チョクラルスキー引き上げ法(MCZ法)を採用してもよい。

- [0016] 石英ルツボとしては、外径が全長にわたって一定(水平な断面形状および断面積が一定)の円筒体の周壁部と、周壁部の下方に配置され、所定の膨出形状または平坦な形状の底部とを、外面の曲率半径が、底部の外面の曲率半径より小さい膨出形状のコーナー部により分離不能に連結した形状のものなどを採用することができる。他の石英ルツボとしては、コーナー部が存在せず、周壁部の下側の開口部に底部を直接連結したのもでもよい。コーナー部および底部の各最大外径は、周壁部の外径より大きくてもかまわない。

「膨出形状」とは、石英ルツボの外方へ膨れた形状をいう。

石英ルツボの外径は36インチ以上である。例えば、36インチ、40インチ、44インチ、48インチでもよい。各サイズの石英ルツボ内で形成される熔融液の量に応じて、シリコン単結晶(直胴部)の引き上げ長さを変更することができる。

- [0017] 石英ルツボの中心線上の深さは、周壁部の外径の80%以下である。80%を超えれば、シリコン単結晶への輻射熱の遮蔽体を設置して、光学カメラによるシリコン単結晶の撮像角度を20°以上とすることが困難となる。その結果、シリコン単結晶をカメラ撮像してシリコン単結晶の直径を計測できなくなるおそれがある。しかも、上記80%を超えれば、引き上げ中のシリコン単結晶の冷却パターンが、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶のものから逸脱してしまう。その結果、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度の制御が困難になり、高品質のシリコン単結晶が得られなくなるおそれがある。

石英ルツボの好ましい高さは、石英ルツボの外径の50~80%である。この範囲であれば、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の冷却パターンより高冷却に設定したものにも対応可能というさらに好適な効果が得られる。

光学カメラとしては、例えばCCDカメラを採用することができる。光学カメラは、チャンバの外部空間の上部に配置され、チャンバに設置された覗き窓を通してシリコン単結晶を撮像する。シリコン単結晶の画像は、画像処理装置の直径計測手段(直径計測回路)に送られ、シリコン単結晶の引き上げ直後の部分(メヌカス付近)の直径が

計測される。

[0018] 請求項2に記載の発明は、前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の50～80%である請求項1に記載のシリコン単結晶成長装置である。

石英ルツボの中心線上の深さが周壁部の外径の50%未満では、石英ルツボの深さが小さくなる。そのため、シリコン単結晶を形成できる熔融液の量が制限され、これを補うため、さらに大口径の石英ルツボを使用せざるを得なくなる。その結果、シリコン単結晶装置がさらに大型化する。また、80%を超えれば、光学カメラによるシリコン単結晶の撮像角度を20°以上とすることが困難となる。これにより、シリコン単結晶をカメラ撮像してシリコン単結晶の直径を計測できなくなるおそれがある。しかも、引き上げ中のシリコン単結晶の冷却パターンが、300mmウェーハ用のシリコン単結晶のものから逸脱する。そのため、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度の制御が困難になり、高品質のシリコン単結晶が得られなくなる。

[0019] 請求項3に記載の発明は、外径が全長にわたって一定の周壁部と、該周壁部の下側の開口部を塞ぐ底部とを有し、チョクラルスキー法により直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部を有したシリコン単結晶を成長させる石英ルツボであって、前記周壁部の外径は36インチ以上で、前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の80%以下である石英ルツボである。

[0020] 請求項4に記載の発明は、前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の50～80%である請求項3に記載の石英ルツボである。

発明の効果

[0021] 請求項1および請求項3に記載の発明によれば、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部を有したシリコン単結晶をチョクラルスキー法により成長させる。このとき、石英ルツボの周壁部の外径を36インチ以上とし、石英ルツボの中心線上の深さを、周壁部の外径の80%以下とする。これにより、光学カメラを用いてシリコン単結晶の直径を計測する良好な撮像角度を確保することができる。しかも、引き上げ中の直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶を引き上げる場合と同程度とすることができる。その結果、シリコン単結晶の有転位化の発生頻度を低下

させ、高品質のシリコン単結晶を得ることができる。

[0022] 請求項2および請求項4に記載の発明によれば、石英ルツボの中心線上の深さを、周壁部の外径の50～80%としたので、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の冷却パターンのより高冷却に設定したものにも対応することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]この発明の実施例1に係るシリコン単結晶成長装置の構成図である。

[図2]この発明の実施例1に係る石英ルツボの縦断面図である。

[図3]直胴部が直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶と、直胴部が直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶との冷却パターンを比較したグラフである。

[図4]初期シリコン熔融液量とシリコン単結晶の歩留まりとの関係を示すグラフである。

符号の説明

- [0024] 10 シリコン単結晶成長装置、
11 チャンバ、
16 石英ルツボ、
18 周壁部、
19 底部、
26 熔融液、
26a 液面、
30 CCDカメラ(光学カメラ)、
C 種結晶、
S シリコン単結晶、
S3 直胴部、
a 周壁部の外径、
b 石英ルツボの中心線上の深さ。

発明を実施するための最良の形態

[0025] 以下、この発明の実施例を具体的に説明する。

実施例 1

[0026] 図1において、10はこの発明の実施例1に係るシリコン単結晶成長装置(以下、結晶成長装置)で、この結晶成長装置10は、中空円筒形状のチャンバ11を備えている。チャンバ11は、メインチャンバ12と、メインチャンバ12上に連設固定され、メインチャンバ12より小径なプルチャンバ13とからなる。メインチャンバ12内の中心部には、ルツボ14が、回転および昇降が可能な支持軸(ペディスタル)15の上に固定されている。ルツボ14は、内側の石英ルツボ16と外側の黒鉛ルツボ17を組み合わせた二重構造である。このうち、石英ルツボ16は、全長にわたって外径aが一定した周壁部18と、周壁部18の下方に配置された膨出形状の底部19とを、底部19の外面に比べて曲率半径が小さい膨出形状の外表面を有するコーナー部20によって分離不能に連結したものである(図2)。周壁部18の外径aは、36インチ(914.4mm)である。石英ルツボ16の中心軸上の深さbは、周壁部18の外径aの80%である。

[0027] ルツボ14の外側には、抵抗加熱式のヒータ21が周壁部18と同心円状に配置されている。ヒータ21の外側には、円筒状の保温筒22がメインチャンバ12の内面に沿って配置されている。メインチャンバ12の底面上には、円形の保温板23が配置されている。メインチャンバ12の外側には、水平磁場を形成するため、一对の超電導磁石24が対向設置されている。

ルツボ14の中心線上には、支持軸15と同一軸心で回転および昇降が可能な引き上げ軸(ワイヤでも可能)25がプルチャンバ13を通して吊設されている。引き上げ軸25の下端には、種結晶Cが装着されている。

メインチャンバ12の外側には、熔融液26の液面26a付近におけるシリコン単結晶Sを、メインチャンバ12に形成された窓部を通して撮像するCCDカメラ(光学カメラ)30が吊設されている。

[0028] 次に、この結晶成長装置10を用いたシリコン単結晶成長方法を具体的に説明する。製造されるシリコン単結晶Sの直胴部S3の直径は、450mmのシリコンウェーハを形成可能な465mmである。

ルツボ14内に結晶用シリコン原料および不純物としてのボロンを投入する。チャンバ11内を50Torrに減圧し、不活性ガスとして200L/minのArガスを導入する。次

に、ルツボ14内の投入物をヒータ21により溶解し、ルツボ14内に熔融液26を形成する。このとき(シリコン単結晶Sの成長開始時)の熔融液26の量は、その液面26aが、石英ルツボ16の周壁部18の領域に存在する量とする。

次に、引き上げ軸25の下端に装着された種結晶Cを熔融液26に浸漬し、ルツボ14および引き上げ軸25を互いに逆方向へ回転させつつ、引き上げ軸25を軸方向に引き上げ、種結晶Cの下方にシリコン単結晶Sを成長させる。このとき、引き上げ中のシリコン単結晶Sの液面付近をCCDカメラ30により常時撮像し、その撮像データに基づき、図示しない画像処理装置の直径計測手段によって、引き上げ直後のシリコン単結晶Sの直径が常時計測される。

[0029] シリコン単結晶Sの成長過程では、まず絞り工程により転位が除去され、ネック部S1が形成される。絞り工程に続く増径工程により増径部S2が形成され、その増径停止により直胴部S3の形成が開始される。このとき、磁場印加の有無や製品となるシリコン単結晶Sの酸素濃度等の品質が所望のものになるように、印加磁場強度や引き上げ軸25の回転速度、ルツボ14の回転速度はそれぞれ設定、調整される。今回は、磁場を0.4テスラで印加、引き上げ軸25の回転速度を8rpm、ルツボ14の回転速度を0.1rpmという条件でネック部S1を作製後、ヒータ21の電力と引き上げ軸25の上昇速度を変化させて上向きコーン形状の増径部S2を形成する。増径部S2の直径が所定径(385mm)に達した時点で、さらにヒータ21の電力と引き上げ軸25の上昇速度を変化させ、次に直胴部S3へ移行し、同様にヒータ21の電力と引き上げ軸25の上昇速度を調整して直胴部S3を形成する。

[0030] 直胴部S3の引き上げ中、図示しない結晶Sの直径計測手段と位置検知器から計算で求めた結晶重量もしくはその重量を換算した直胴長が、あらかじめ設定した重量もしくはあらかじめ設定した直胴長に達した時点で、ヒータ21の電力を調整する。これにより、下向きコーン形状の減径部が除々に形成され、最終的には下向きコーンの頂点で、シリコン単結晶Sの成長が終了する。

[0031] このように、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部S3を有するシリコン単結晶S用の石英ルツボ16として、周壁部18の外径aが36インチで、石英ルツボ16の中心線上の深さbが外径aの80%のものを採用したので、CCDカメラ30により

シリコン単結晶Sの直径を計測する際の良好な撮像角度を確保することができる。しかも、引き上げ中の直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶Sの冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶Sを引き上げる場合と同程度とし、シリコン単結晶S中の欠陥サイズおよび欠陥の密度が制御された高品質のシリコン単結晶Sを得ることができる。

[0032] シリコン単結晶Sの引き上げの中心線は、石英ルツボ16の中心線と略重なる。そのため、周壁部18の外径aを36インチ(914.4mm)とすれば、シリコン単結晶Sの周囲には、石英ルツボ16の半径方向に、幅200mm以上の円筒形の空間が形成される。このサイズの円筒空間を得ることで、シリコン単結晶Sへの輻射熱の遮蔽体50を設置し、CCDカメラ30によるシリコン単結晶Sの良好な撮像角度である、引き上げ中心線に対して 20° 以上(21.5°)の傾斜角度を確保することができる。その結果、シリコン単結晶Sをカメラ撮像してシリコン単結晶Sの直径を計測できなくなるおそれが解消される。

[0033] しかも、石英ルツボ18の中心線上の深さbを、周壁部18の外径aの80%と浅くしたので、熔融液26の液面26a付近において、シリコン単結晶Sの引き上げ直後の部分の冷却効果が高まる。これにより、引き上げ中の直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶Sの冷却パターンを、直径300mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の引き上げの場合と同程度まで改善することができる。

以下、これを図3のグラフを参照して説明する。図3のグラフは、石英ルツボとして、周壁部の外径が36インチで、石英ルツボの中心線上の深さが周壁部の外径に対して50~90%のものを使用した場合のシリコン単結晶の冷却パターンを予めシミュレーションで求めたものである。直径300mmのシリコンウェーハを引き上げ可能なシリコン単結晶の引き上げ中の冷却パターンと対比し、両冷却パターンが略同じになった条件で、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能なシリコン単結晶の引き上げを行った。これにより、シリコン単結晶中の欠陥サイズおよび欠陥の密度を所望のものとした、高品質のシリコン単結晶が得られた。

産業上の利用可能性

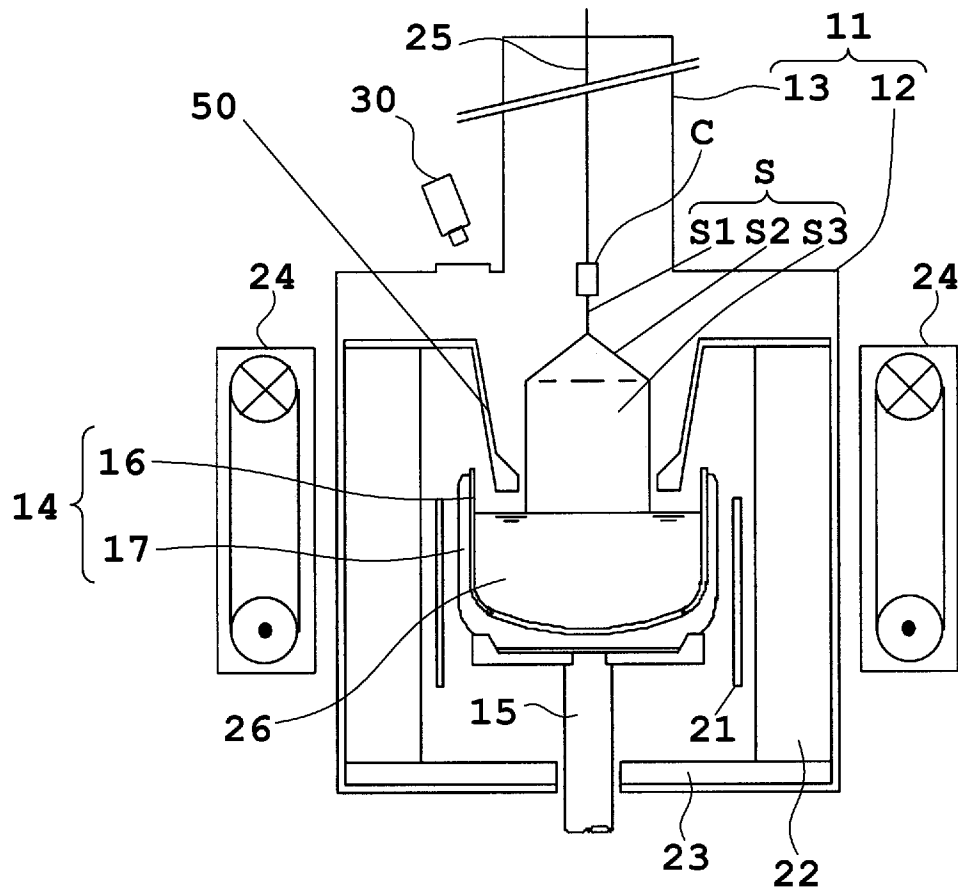
[0034] この発明は、MPU等のプロセッサ、DRAMやFlash Memory等のメモリーデ

バイス、IGBT等のパワーデバイスの基板となる直径450mmのシリコンウェーハを、CZ法により引き上げることが可能なシリコン単結晶成長装置および石英ルツボに有用である。

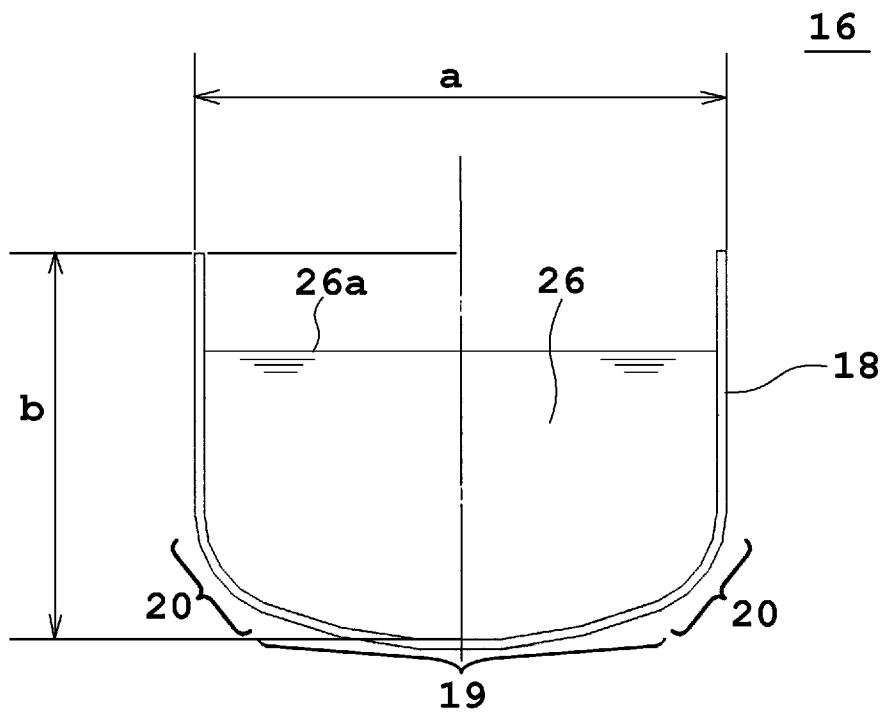
請求の範囲

- [1] チャンバに収納された石英ルツボ内に結晶用シリコン原料を充填して熔融し、その熔融液に浸漬した種結晶を回転させながら引き上げることにより、該種結晶の下方にチョクラルスキー法によりシリコン単結晶を成長させるシリコン単結晶成長装置であつて、
- 前記シリコン単結晶は、直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部を有し、
- 前記チャンバの上部には、前記熔融液の液面付近における前記シリコン単結晶を撮像する光学カメラが設けられ、
- 前記石英ルツボは、外径が全長にわたって一定の周壁部と、該周壁部の下側の開口部を塞ぐ底部とを有し、
- 前記周壁部の外径は36インチ以上で、
- 前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の80%以下であるシリコン単結晶成長装置。
- [2] 前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の50~80%である請求項1に記載のシリコン単結晶成長装置。
- [3] 外径が全長にわたって一定の周壁部と、該周壁部の下側の開口部を塞ぐ底部とを有し、チョクラルスキー法により直径450mmのシリコンウェーハを形成可能な直胴部を有したシリコン単結晶を成長させる石英ルツボであつて、
- 前記周壁部の外径は36インチ以上で、
- 前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の80%以下である石英ルツボ。
- [4] 前記石英ルツボの中心線上の深さは、前記周壁部の外径の50~80%である請求項3に記載の石英ルツボ。

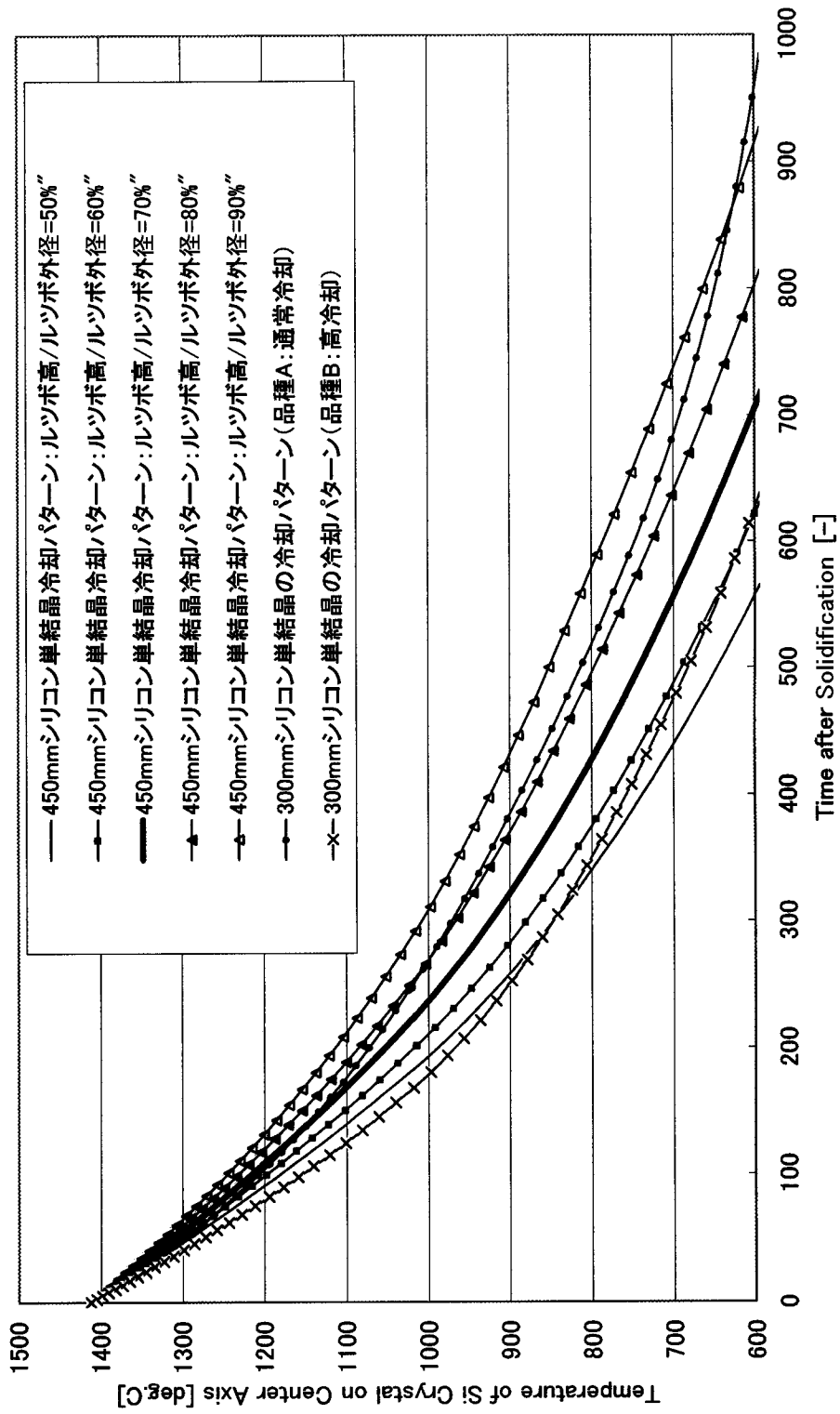
[図1]

10

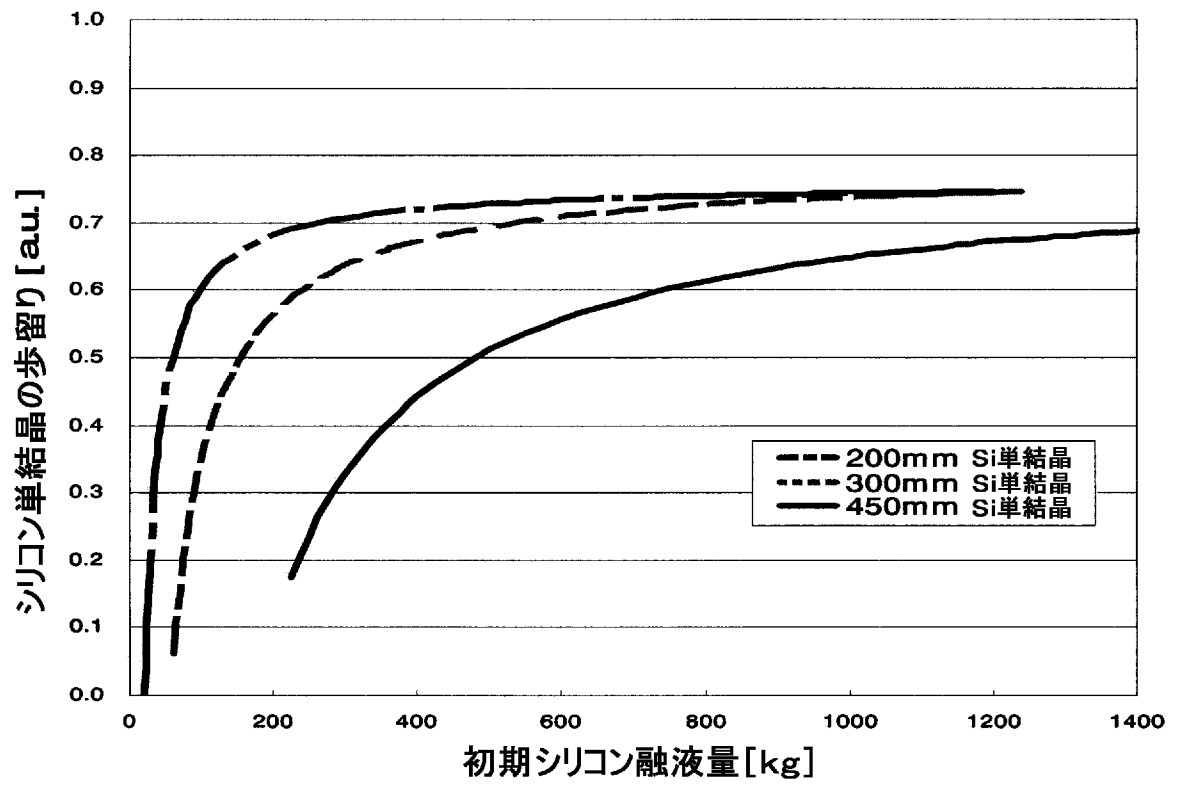
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/052485

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B29/06(2006.01) i, C30B15/10(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)
C30B29/06, C30B15/10

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-001819 A (SUMCO Corp.), 11 January, 2007 (11.01.07), Par. No. [0010] (Family: none)	1-4
Y	JP 2006-169016 A (SUMCO Corp.), 29 June, 2006 (29.06.06), Claim 6; Par. No. [0017] (Family: none)	1-4
Y	JP 2007-223879 A (SUMCO TECHXIV Kabushiki Kaisha), 06 September, 2007 (06.09.07), Full text & WO 2007/097071 A1	1-4

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 11 May, 2009 (11.05.09)	Date of mailing of the international search report 26 May, 2009 (26.05.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/052485

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/097071 A1 (Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.), 30 August, 2007 (30.08.07), Full text (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. C30B29/06(2006.01)i, C30B15/10(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 (IPC)) Int.Cl. C30B29/06, C30B15/10										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2009年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2009年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2009年	日本国実用新案登録公報	1996-2009年	日本国登録実用新案公報	1994-2009年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2009年									
日本国実用新案登録公報	1996-2009年									
日本国登録実用新案公報	1994-2009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) JSTPlus(JDreamII)										
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								
Y	JP 2007-001819 A (株式会社SUMCO) 2007.01.11, 【0010】 (ファミリーなし)	1-4								
Y	JP 2006-169016 A (株式会社SUMCO) 2006.06.29, 【請求項6】、 【0017】 (ファミリーなし)	1-4								
Y	JP 2007-223879 A (SUMCO TECHXIV株式会社) 2007.09.06, 全文 & WO 2007/097071 A1	1-4								
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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、一般的な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 11.05.2009	国際調査報告の発送日 26.05.2009									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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) 亀代 陽子 電話番号 03-3581-1101 内線 3416	4G 3946								

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
Y	WO 2007/097071 A1 (コマツ電子金属株式会社) 2007. 08. 30, 全文 (ファミリーなし)	1-4