

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

**特許第4147112号  
(P4147112)**

(45) 発行日 平成20年9月10日(2008.9.10)

(24) 登録日 平成20年6月27日(2008.6.27)

(51) Int.Cl.

**C30B 15/34 (2006.01)  
C30B 29/06 (2006.01)**

F 1

C30B 15/34  
C30B 29/06 502A

請求項の数 27 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2002-579081 (P2002-579081)  
 (86) (22) 出願日 平成13年12月20日 (2001.12.20)  
 (65) 公表番号 特表2004-525852 (P2004-525852A)  
 (43) 公表日 平成16年8月26日 (2004.8.26)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2001/049725  
 (87) 國際公開番号 WO2002/081044  
 (87) 國際公開日 平成14年10月17日 (2002.10.17)  
 審査請求日 平成16年7月9日 (2004.7.9)  
 (31) 優先権主張番号 09/826,073  
 (32) 優先日 平成13年4月4日 (2001.4.4)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 500481455  
 ショット・ソーラー・インコーポレーテッド  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州018  
 21, ビレリカ, サバーバン・パーク・ド  
 ライブ 4, ミドルセックス・テクノロジ  
 ー・センター  
 (74) 代理人 100089705  
 弁理士 社本 一夫  
 (74) 代理人 100076691  
 弁理士 増井 忠式  
 (74) 代理人 100075270  
 弁理士 小林 泰  
 (74) 代理人 100080137  
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 EFG結晶成長装置及び方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

選ばれた材料の管状結晶体をEFG法により成長させる装置において、  
 中央開口部を画成する底部壁と、外側壁と、内側壁とを有するルツボであって、該底部  
 壁及び該側壁が共同して前記選ばれた材料の液体供給分を保持する環状の内部空間を画成  
 するようにした前記ルツボと、該液体供給分から所要形状体を成長させるときに使用され  
 る毛管ダイとを有するルツボ／ダイユニットと、

前記ルツボを支持し、前記中央開口部と整合させた中央穴を有するサスセプタと、  
 前記ルツボの上方に配置されて、供給方向決め器と、供給偏向器と、管状の内側アフタ  
 ヒータとを備える供給分配器／内側アフターヒータ組立体とを備え、

前記供給方向決め器が、中央開口と、該中央開口を取り巻く傾斜した上面とを有する方  
 向決め部材を備え、

該方向決め部材が、前記ルツボの上方に該ルツボから隔てられて取付けられ、前記傾斜  
 した上面の半径が前記ルツボからの距離の増大に伴って減少するよう方位決めされ、

前記供給偏向器が、前記供給方向決め器の上方に取り付けられ、該供給偏向器が、前記  
 方向決め部材の前記傾斜した上面と同軸状で且つ該傾斜した上面に対向する傾斜した内面  
 を有する偏向器部材を備え、

前記傾斜した下面が、該傾斜した下面及び該傾斜した上面間に傾斜した環状隙間を画成  
 し得るように前記傾斜した上面と近接して隔たった関係にあり、

また、中央偏向部材が、前記傾斜した下面の中心にあり、前記方向決め部材の中央開口

10

20

を通って導入された供給粒子を捕捉し且つ該供給粒子を前記隙間内に偏向させ、

前記管状の内側アフターヒータが、前記毛管ダイと同軸状の関係で前記ルツボの上方にあり且つ前記供給方向決め器及び前記供給偏向器を取り巻く関係にあり、

前記ルツボの前記中央開口部を貫通して伸びる供給管を備え、

前記サスセプタの前記中央穴及び前記方向決め部材の前記中央開口が、粒子供給器から供給粒子を受け取り且つ該粒子を前記中央偏向部材にて排出し、これにより前記供給粒子が前記中央偏向部材に衝突し且つ該中央偏向部材により前記隙間内に偏向されるようにし、

前記方向決め部材及び偏向器部材が、前記ルツボの上方に前記隙間用の環状の排出オリフィスを画成し、該排出オリフィスが、前記ルツボの内側壁及び外側壁の中間の領域にて前記粒子を前記ルツボ内に排出するように配置されるようにした、管状結晶体を成長させる装置。

#### 【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置において、

前記供給偏向器が、前記供給方向決め器により支持される、装置。

#### 【請求項 3】

請求項 1 に記載の装置において、

前記供給偏向器が、前記ルツボにより支持される、装置。

#### 【請求項 4】

請求項 1 に記載の装置において、

前記内側アフターヒータが、前記供給偏向器に接続され且つ該供給偏向器により支持される、装置。

#### 【請求項 5】

請求項 1 に記載の装置において、

前記偏向器部材が傾斜した上面を有し、前記偏向器部材の該傾斜した上面により支持された複数の相互に隔てられたバッフルを更に有する、装置。

#### 【請求項 6】

請求項 5 に記載の装置において、

前記バッフルが、各々が中央開口部を画成する内端縁を有する板であり、該板の前記内端縁が、前記偏向器部材の前記傾斜した上面に形成された溝内に着座する、装置。

#### 【請求項 7】

請求項 5 に記載の装置において、

前記管状の内側アフターヒータが前記バッフルを取り巻く、装置。

#### 【請求項 8】

請求項 5 に記載の装置において、

前記供給偏向器部材が、前記中央穴と同軸状の管状ハブを有し、前記供給偏向器部材の前記管状ハブと、前記内側アフターヒータの上端との上方にあり且つ該管状ハブ及び該上端と係合した中央穴を有する端部板を更に有し、

前記中央偏向部材が、前記供給偏向器部材の前記管状ハブ内に固着され且つ前記端部板を前記管状ハブに固着する作用を果たす栓である、装置。

#### 【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置において、前記偏向器部材の上方に取り付けられ且つ前記内側アフターヒータにより取り巻かれた複数の相互に隔てられたバッフルを更に有する、装置。

#### 【請求項 10】

請求項 1 に記載の装置において、

前記偏向器部材が、周縁フランジを有し、

前記内側アフターヒータが該フランジに着座し且つ該フランジにより支持される、装置。

。

#### 【請求項 11】

請求項 1 に記載の装置において、

10

20

30

40

50

前記偏向器部材が中央穴を有し、  
前記中央偏向部材が、前記偏向器部材の前記中央穴内に取り付けられた栓部材を備える  
装置。

**【請求項 1 2】**

請求項 1 に記載の装置において、  
前記方向決め部材の前記傾斜した上面が底端部を有し、  
前記方向決め部材が、その前記傾斜した上面の前記底端部に接続される円周方向に伸びる外端縁面を有し、  
該外端縁面が、前記方向決め部材の長手方向軸線に対し平行に伸び、  
更に、前記偏向器部材の前記傾斜した下面が底端部を有し、  
前記偏向器部材が、前記傾斜した下面の前記底端部に接続される円周方向に伸びる内端縁面を有し、  
該内端縁面が、前記方向決め器部材の前記外端縁面に対向し且つ該外端縁面と協働して、前記傾斜した隙間にに対する環状の排出オリフィスを画成し、  
前記隙間が、前記ルツボの外側壁と内側壁との中間にある前記ルツボの領域と整合される、装置。

**【請求項 1 3】**

請求項 1 2 に記載の装置において、  
前記内端縁面が、前記外端縁面に対し平行に伸びる、装置。

**【請求項 1 4】**

請求項 1 2 に記載の装置において、  
前記内端縁面が、前記外端縁面に対し傾斜した角度で伸びており、前記排出オリフィスの半径方向寸法が前記円錐面からの距離が増すに伴い減少するようにした、装置。

**【請求項 1 5】**

請求項 1 に記載の装置において、  
前記供給方向決め部材と係合し且つ該供給方向決め部材を支持する支持管を更に有する、装置。

**【請求項 1 6】**

請求項 1 5 に記載の装置において、  
前記供給管が前記支持管を貫通して伸びる、装置。

**【請求項 1 7】**

請求項 1 に記載の装置において、  
前記排出オリフィスが、内端及び外端を有し、  
更に、前記方向決め器部材と前記偏向器部材との間の間隔が、前記排出オリフィスの前記外端におけるよりも前記内端における方が広いようにした、装置。

**【請求項 1 8】**

請求項 1 7 に記載の装置において、  
前記偏向器部材の前記傾斜した下面が、内方に曲がったリブにより終わるようにされた底端部を有し、

前記排出オリフィスが、前記内方に曲がったリブにより一部分画成される、装置。

**【請求項 1 9】**

選ばれた材料の管状結晶体を E F G 法により成長させる装置において、  
加熱炉エンクロージャと、  
該エンクロージャ内に配置されて、貫通穴を有する熱サスセプタと、  
前記エンクロージャ内で前記熱サスセプタによって支持されたルツボ / 毛管ダイ組立体であって、前記サスセプタの穴と整合された中央開口部を画成する、底部壁と、外側壁と、内側壁と、前記選ばれた材料の液体供給分を保持する前記開口部を取り巻くルツボと、ルツボ内に保持された融液から供給された液体 / 固体成長境界を支持し且つ成長した結晶体の断面形態を制御する先端を有する毛管ダイとを有する前記ルツボ / 毛管ダイ組立体と、

10

20

30

40

50

前記サスセプタの穴及び前記中央開口部を貫通して上方に伸びて、前記選ばれた材料の固体粒子を前記ルツボ／ダイ組立体の上方の空間内に運ぶ気体流を射出するときに使用される供給管と、

前記選ばれた材料の固体粒子を捕捉し且つ該固体粒子を前記ルツボに向けて下方に偏向し得るよう所要位置にて前記供給管の上端の上方に配置された粒子偏向器と、

前記供給管の上端に対し取り巻く関係に支持された粒子方向決め器であって、前記粒子偏向器の下方に配置されており、前記偏向器により下方に偏向された前記選ばれた材料の固体粒子を捕捉し且つ該粒子をルツボ内に向け、これにより前記ルツボ内の前記選ばれた材料の融液を補給し得るような形状及び配置とされた前記粒子方向決め器とを備え、

前記粒子偏向器及び粒子方向決め器が、その間に環状隙間を画成する対向し且つ相互に隔てられた円錐形面を有し、10

該隙間が、前記偏向器により偏向される粒子を受け取るような所要位置にある上端と、前記ルツボの前記外側壁及び内側壁の中間の領域にて前記粒子を前記ルツボ内に排出するような所要位置にある底端部とを有する、管状結晶体を成長させる装置。

**【請求項 2 0】**

請求項 1 9 に記載の装置において、

前記粒子偏向器が、前記円錐形面の 1 つを特徴とする円錐形部材を備え、

該円錐形部材により支持された管状の内側アフターヒータ部材を更に有する、装置。

**【請求項 2 1】**

請求項 2 0 に記載の装置において、20

前記内側アフターヒータ部材が前記円錐形部材の周縁部分と係合する、装置。

**【請求項 2 2】**

請求項 2 0 に記載の装置において、

前記アフターヒータ部材の横方向に伸び且つ該アフターヒータ部材により取り巻かれた平行な相互に隔てた熱伝導板の形態をした複数のバッフルを更に有する、装置。

**【請求項 2 3】**

請求項 2 2 に記載の装置において、

前記熱伝導板が連結ロッドにより前記円錐形部材に係止される、装置。

**【請求項 2 4】**

請求項 1 9 に記載の装置において、30

前記粒子方向決め器が前記供給管により支持される、装置。

**【請求項 2 5】**

請求項 2 4 に記載の装置において、

前記粒子偏向器が、前記サスセプタに取り付けられ且つ前記粒子方向決め器の開口部を貫通するスタンドオフピンによって支持される、装置。

**【請求項 2 6】**

選ばれた材料の管状結晶体を E F G 法により成長させる装置において、

前記選ばれた材料の融液を保持するルツボであって、中央開口部を画成し得るように環状である前記ルツボと、

前記融液から前記選ばれた材料の管状結晶体を成長させる成長手段であって、( 1 ) 成長すべき管状体の断面形態を決定するため前記ルツボの内部と連通する毛管ダイと、( 2 ) 前記結晶体が成長する種を支持する種ホルダと、( 3 ) 前記管状結晶体及び前記種ホルダを前記ダイから離れるように引張る引張り手段とを備える前記成長手段と、40

前記ルツボを支持し、前記中央開口部と整合した貫通穴を有する熱サスセプタと、

該サスセプタを加熱する電気的手段と、

前記選ばれた材料の固体粒子を前記ルツボの上方の空間内に射出する供給管であって、前記穴及び前記中央開口部を通って伸び、該管の上端が前記ルツボの上方にて終わるようとした前記供給管と、

前記粒子を捕捉し且つ該粒子を前記ルツボに向けて下方に偏向させるような所要位置にて前記管の前記上端の上方に配置された偏向器と、50

前記偏向器から落下する前記選ばれた材料の粒子を捕捉するような所要位置にて前記偏向器の下方で前記供給管を取り巻く方向決め器とを備え、

前記偏向器及び方向決め器が、前記ルツボからの距離の増大に伴って半径が減少し且つ、共同して傾斜した通路を画成する、相互に対向し且つ平行な円錐形面と、粒子を前記通路から前記ルツボ内に排出し得るように環状の排出オリフィスを画成すべく前記円錐形面の周縁にて前記円錐形面に接続された追加的な相互に対向する面とを備える、装置。

#### 【請求項 27】

中央開口部を画成する外壁及び環状内壁と、該外壁及び内壁間を伸びる底部壁とにより画成された、液体シリコンを保持するチャンバを有する開放頂部式ルツボ内にシリコン粒子を導入する方法において、

シリコン粒子を前記中央開口部を通じて前記ルツボの上方の空間内に上方へ射出すること、

該射出された粒子を捕捉し且つ該粒子を前記ルツボの内壁及び外壁間にて前記チャンバの真上に垂直方向排出オリフィスを形成する、1対の隣接面の間に形成された傾斜する通路内に向けること、

流路の角度を変更した後、前記粒子を前記オリフィスを介して前記通路から排出し、前記粒子が前記排出オリフィスを介して前記チャンバ内に垂直に落下するようにすることとを備える、開放頂部式ルツボ内にシリコン粒子を導入する方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【発明の分野】

##### 【0001】

本発明は、エッジディファインド膜供給式成長（「EFG」）法により融液から結晶体を成長させること、より具体的には、EFG法により中空の結晶体を成長させる装置の改良に関する。

##### 【発明の背景】

##### 【0002】

EFG法は、次の米国特許、すなわち米国特許第4,230,674号；米国特許第4,661,324号；米国特許第4,647,437号；米国特許第4,968,380号；米国特許第5,037,622号；米国特許第5,098,229号；米国特許第5,106,763号；米国特許第5,156,978号；米国特許第5,558,712号により証明されるように、周知である。EFG法において、所定の断面形状を有する結晶体は、ルツボ内に保持された融液からEFGダイ内の1つ又は2つ以上の毛管を通じてダイの上端面まで搬送される選ばれた供給材料の液体膜から種の上で成長させる。結晶体の形状は、ダイの上端面の外部又は端縁の形態によって決まる。EFG法の主要な用途は、例えば、「九角形」又は「八角形」のような、多角形の形状の中空シリコン体を成長させることである。これら形状の中空体は、その隅部にて複数の平坦な基板に分割され、該基板は、光電池ソーラセルを形成するために使用される。

##### 【0003】

EFG法によって中空体を成長させる好ましい装置の形態は、毛管ダイ／ルツボ組立体を備えており、該毛管ダイ／ルツボ組立体は、成長過程の間、周囲のルツボ内の融液を補給するためシリコン粒子を導入するときに通る通路を提供する中央ハブを有している。シリコン体を成長させると、シリコン粒子は、典型的に、2mm程度の寸法の実質的に球形のペレットの形態をしている。粒子は、中央ハブを通じてルツボの上方の空間内に射出され、この空間内にて、これらの粒子は下方に偏向されてルツボ内に戻る。一般的な方法は、ルツボ内の融液の量を所定の限界値以内に保ち得るように、融液の消費量に従って、断続的に粒子を所定の量にて供給することである。

##### 【0004】

EFG法によって大型で薄肉厚（例えば、各側部又は小面が10cm幅である、シリコンの八角形）を成長させることは、成長境界面、すなわち、ダイの上端面と種又は種上で成長させた結晶体との間のメニスカス領域内の温度を選ばれた速度にて成長が行なわれる

10

20

30

40

50

のを許容する値に実質的に一定に保つことが必要であるから、熱入力を精密に制御することを必要とする。中空のシリコン体を成長させるために一般的に使用されている E F G 装置において、ルツボ / ダイ組立体がその内部に取り付けられる加熱炉エンクロージャを取り巻く誘導加熱コイルによって加熱が行なわれる。成長する結晶体の熱制御は、加熱パワーを制御することにより、特に、同心型の内側及び外側アフターヒータを使用し、これらヒータの間に、成長する結晶体をダイから引き離すことにより、実現される。アフターヒータは、効果的に、サスセプタ (susceptor) であり、電磁誘導によって加熱される。内側及び外側アフターヒータは、成長する結晶の長さ方向への熱勾配を制御するのを助け且つ半径方向すなわち引張り軸に対して直角方向へのダイ及びルツボの熱勾配にも影響を与える。

10

#### 【0005】

E G F 法を使用して成長を成功させることは、E F G ダイの円周の周り且つ、ダイ及びルツボの半径方向に温度変化が存在し易くなることで複雑となる。ダイの円周の周りの熱対称が変化することは、成長する結晶体の厚さを局部的に変化させる可能性もある。かかる変化は、成長を持続することを困難にもし、その結果、ダイと成長する結晶体との間を伸びる液体メニスカスが裂けることになることが多い。メニスカスが裂けると、成長は停止する。

#### 【0006】

ダイの設計の改良は、ダイの円周の周りの熱対称の変化を少なくし、これにより、成長した結晶体の質を向上させ且つメニスカスが裂ける率を少なくする。しかし、改良されたダイの設計の場合でさえ、中央ハブを有するルツボを使用する型式の E F G 結晶成長装置は、成長領域内の乱れに応答して、結晶が成長する間、固体シリコンがルツボの中央ハブ領域に付着し又は該中央ハブ領域上で成長し易くなるという欠点がある。この点に関して、半径方向への熱勾配は、ルツボの中央ハブが、ルツボの外周よりも低温となり勝ちとなるようなものであることを認識すべきである。

20

#### 【0007】

従来技術の E F G 結晶成長装置は、粒子が中央ハブ外に移動し且つルツボ内の融液中に入るとき、粒子の経過及び速度を制御する十分な手段を欠いており、その結果、(a) ルツボ内に落下する粒子は、融液を撥ね返し、その結果、液体シリコンが中央ハブの上方部分に衝突することが時々あること、及び (b) 固体粒子の幾つかは、中央ハブの上端と直接接触することが時々あることが分かった。これが生ずると、中央ハブの温度に依存して、液体シリコンは、中央ハブ上で凝固し且つ、シリコン粒子は、中央ハブに付着し、また、該中央ハブから外方に成長し、最終的に、融液の補給を妨げるので十分に大きいキノコ状の形状の固体の塊りを形成することになる。中央ハブ領域付近のかかる凝固は、また、成長する結晶体の均一さにも影響を与え且つ成長を損なうことになる。また、温度の変動は、キノコ状形状の部片が破断して且つ、融液内に落下して、ルツボを過充填し、またダイを溢れさせる可能性もある。

30

#### 【0008】

本発明以前、一般的なヒータ装置は、適宜な中程度周波数の電源と直列に接続された同軸状の一次及び二次誘導加熱コイルから成っており、一次コイルは、3つの巻線部を有し、二次コイルは、1つの巻線部を有し且つ、一次コイルの上方に一次コイルから隔てて配置されている。ヒータ装置は、また、2つのコイルを通って流れる電流の比率を制御する目的にて一次コイルと並列に接続された飽和可能な反応器も有していた。飽和可能な反応器は、電流の比率を調節し、これにより加熱炉の軸線に沿った温度分布を修正することを許容する。しかし、飽和可能な反応器は、コスト高であり、雑音が多く且つ電気的に非効率であるという欠点がある。

40

#### 【発明の目的及び概要】

#### 【0009】

本発明の主目的は、シリコン粒子が重力の下、中央供給管からルツボまで動くとき、そのシリコン粒子の通過を制御する、改良された供給分配器 / E F G ルツボ / ダイユニット

50

を提供することである。

**【0010】**

別の主目的は、EFG結晶成長加熱炉を加熱するために使用される電磁エネルギー界を制御する改良された手段を提供することである。

本発明の更なる目的は、融液を保持するルツボ内へのシリコン粒子の供給を制御し、ルツボの中央ハブにおける結晶の成長を効果的に解消し又は実質的に軽減し得るように新規な設計の粒子供給分配器をEFG結晶成長装置内に提供することである。

**【0011】**

本発明の別の目的は、EFGダイの中央領域付近における溶融材料の望ましくない凝固を実質的に防止し又は最小にする組み合わせ粒子分配器／内側アフターヒータ組立体を、  
中空体を成長させるEFG結晶成長装置内に提供することである。 10

**【0012】**

更に別の目的は、シリコン粒子をEFG成長装置内のルツボに供給する改良された方法を提供することである。

**【0013】**

本発明の別の目的は、EFGダイと関係した部材上でシリコンが凝固するのを回避し、これにより成長工程の過早の停止を回避することである。

本発明の更に別の目的は、融液プールから管状結晶体を成長させる改良された方法を提供することである。

**【0014】**

本発明の上記及びその他の目的は、米国特許第4,661,324号、米国特許第4,968,380号、米国特許第5,037,622号；米国特許第5,098,229号に開示された装置により例示されるように、EFGルツボ／毛管ダイ組立体と関係した粒子分配器／内側アフターヒータ構造体によって実現され、シリコン粒子及び撥ね出した溶融シリコンがルツボの中央ハブ部分の比較的低温部分に接触し且つ粘着すると共に、融液からの溶融したシリコンの凝固に起因する更なる付着物のための核又は箇所として作用する可能性を少なくし、これにより、成長過程の中止及び（又は）不良な質の管状体の製造を回避する、粒子の分配及び流れ制御手段を提供する。加熱速度の制御は、一次及び二次誘導加熱コイルによって供給されるパワーの比率を調節するためファラデーリングを使用することで改良される。 30

**【0015】**

本発明のその他の目的及び特徴は、添付図面と共に検討すべき、以下の詳細な説明に記載され又は説明されている。

本発明の性質及び目的をより完全に理解するため、添付図面に関して記載した以下の詳細な説明を参照すべきである。

**【詳細な説明】**

**【0016】**

図1には、中空のシリコン体を成長させるために本発明以前に使用される、EFG結晶成長装置の1つの好ましい形態が図示されている。この従来技術の装置は、エンクロージャ24（図面の簡略化のため、その一部のみを図示）及びエンクロージャ24を取り巻く加熱コイル26を備える加熱炉内に設置された、米国特許第5,037,622号の教示に従って製造されたルツボ／毛管ダイユニット20を備えている。ルツボ／ダイユニット20は、グラファイトで出来ており、立上る外側壁32と、底部壁34と、環状ハブを形成する環状の内側壁36とを備える、短い頂部開放型ルツボを有している。外側壁32、底部壁34及び内側壁36は、共同して、環状空間を画成し、この環状空間内に融液38が保持される。図1に図示しないが、外側壁32は、上記米国特許第5,037,622号の図3乃至図7に示したものと実質的に同一の構造を有する毛管ダイ部分を備えており、該特許の教示内容は、参考として引用し本明細書に含めてある。図1の装置は、ルツボ／毛管ダイユニット20の真下に配置され且つ、ルツボ／毛管ダイユニット20の支持体として機能する熱サスセプタ40を更に有している。図示しないが、加熱炉のエンクロー  
40

10

20

30

40

50

ジャ内に取り付けられた台座は、サスセプタ40及びルツボ／毛管ダイ20の支持体として機能することを理解すべきである。サスセプタ40は、グラファイト又はその他の適宜な材料で出来ており、加熱コイル26によって発生された、感受性のある電磁エネルギーによって加熱される。サスセプタ40は、その熱をルツボ／ダイユニット20に伝達し、ルツボ内のシリコンを溶融状態に保つ。

#### 【0017】

ダイ／ルツボ装置20の中央ハブ36は、肩部44を形成し得るようにさら穴とされた中央穴を画成する。サスセプタ40は、肩部48を形成し得るようにさら穴とされた中央穴46を有している。サスセプタ40は、また、その中央穴46と同心状のその上側部に環状突起すなわちハブ50も有している。ハブ50は、ハブ36の中央穴内に伸び且つ該中央穴と密着嵌めし、肩部44は、サスセプタハブ50に重なり合う。ルツボ／ダイユニットの下側部及びサスセプタの上側部に形成された穴内に配置された1つ又は2つ以上のグラファイト製の位置決めピン52は、これらの部材を互いに適正に方位決めする機能を果たす。この点に関して、多角形の断面形態の中空体を成長させると、ダイのようなサスセプタは、全体としてその断面形状に適合するような形状とされていることを認識すべきである。

#### 【0018】

サスセプタの中央穴46には、供給管54を取り巻くグラファイト製のフェルト絶縁体の多数の層53が充填されている。供給管は、概略図的に参照番号56で示した融液の補給システムに接続され、この補給システムは、シリコン供給材の固体粒子をルツボの上方の領域内に供給し得るようにされており、該領域から粒子は融液38内に落下する。

#### 【0019】

石英又はグラファイトで出来たスタンドオフリング60がルツボ／ダイユニット20の中央ハブに取り付けられており、サスセプタのハブ50及びグラファイト製フェルト絶縁全体の上方には、その内端縁に環状ハブ64を有する環状グラファイト製板又は円板62がある。円錐形の形状の上面68を有するシリコン供給方向決め部材すなわち傘状部66は、その外端縁付近がリング60によって支持されている。供給方向決め部材66もグラファイトで出来ており、供給管54の上端を受け入れる中央穴と、板62のハブ64上に着座して垂下する管状伸長部70とを有している。部材66は落下するシリコン粒子を捕捉する点にて傘状部と同様の機能を果たし、次に、シリコン粒子はその傾斜上面68に沿って滑り且つ、ルツボ内に流れ込む。部材66は落下する粒子をルツボ内の融液38に向ける。

#### 【0020】

図1の装置は、分配器部材66を包み込む帽子形状部材72も有している。部材72は、側壁74と、頂部壁76と、側壁の底端縁における周縁フランジ78とを備えている。部材72及びフランジ78はグラファイトで出来てあり、フランジ78は、ルツボ／ダイユニットの底部壁34に形成された盲穴内に取り付けられる複数のスタンドオフピン80上に着座する。部材72の中央には、供給管54を介して供給されるシリコン粒子の偏向器として機能する交換可能なグラファイト製挿入体82が設けられている。

#### 【0021】

部材72は3つの機能を果たす。該部材は、シリコン粒子を供給管54まで搬送するために使用される気体を保持し且つ分配するプレナムとして機能する。該気体は、スタンドオフピン80の間で及びフランジ78とルツボ／ダイユニット20との間を通り成長する中空の結晶体88の内部空間に達する。部材72はまた成長する結晶体88に対する内側アフターヒータとしても機能する。この点に関して、所定の多角形の断面形態を有する中空体を成長させると、部材72（サスセプタ及びダイと同様）は、全体として該所定の断面形態に適合するような断面形状を有することを認識すべきである。主として偏向器82によって行なわれる第3の機能は、シリコン粒子を供給偏向器66まで下方に偏向し、これにより粒子が円錐形面68に沿って下方に転がり又は落下してルツボ内に入り、その内部の融液を補給することができるようになることである。

10

20

30

40

50

## 【0022】

上記米国特許第5,037,622号の図1に参照番号28で示したものと同様の第二の外側アフターヒータ90は、成長する結晶体88の底端部を取り巻き且つ内側アフターヒータ72と協働して、成長境界面の真上の領域内の該中空体の温度を制御することを可能にする。外側アフターヒータは、グラファイトで出来てあり且フルツボの外側壁32の上端に形成された盲穴内に取り付けられた複数のグラファイト製スタンドオフピン92によって支持されている。

## 【0023】

図1の装置は、参照番号94で概略的に図示した種ホルダを更に備えており、該種ホルダは、結晶体88がその上で成長する種(図示せず)を保持する。種は通常、成長過程の開始を容易にし得るようにそれ以前に成長した結晶体の短い部分の形態をしている。種ホルダ94は、毛管ダイ／ルツボ装置20に向けて且つダイ毛管ダイ／ルツボ装置20から軸方向に動かし得るようにされた引張り機構92に取り付けられている。種ホルダー94は、プレナムから気体を排出する複数の換気穴(図示せず)を有している。

## 【0024】

図1の装置を使用して、例えば、八角形のような中空のシリコン体を成長させることは簡単である。上記米国特許第5,037,622号に記載された仕方にて成長を開始し且つ維持するとき、シリコン粒子は、不活性気体のジェットによって供給管54を通じて融液の補給システム56から射出される。当然に、粒子は部材66、72の間の空間に入るることを確実にし得るようになりの速度にて射出される。典型的に、粒子は1m/秒程度の速度の気体流によって射出される。管54から排出された粒子は、プレナムとして機能するグラファイト製部材72によって保持されている。排出されたシリコン粒子は、偏向器82に衝突し、該偏向器は、シリコン粒子を傘形状の供給方向決め部材66の円錐形上面68に向けて下方に偏向する。粒子の殆どは表面68に直接落下し、次に、その表面に沿って滑り且つ融液38内に落下する。その他の粒子は、表面68から飛び出して、融液内に落下する前に、部材72の頂部壁76と実際に又はほぼ接触する。その結果、ルツボ内に落下する粒子により融液38は撥ね出し、撥ね出した液体シリコンの一部がルツボの中央ハブ36の上端に接触し且つ該上端の上で凝固する。更に、飛び出す粒子の一部は、中央ハブと直接接触し且つ該中央ハブに付着する。更なるシリコン粒子が供給管54を介してルツボ内に供給されると、ハブ36の上端に凝固したシリコンは、外方に成長し且つ上述したように、キノコ形状の固体部片を形成する。キノコ形状部分は、更に、傘状部材66の周縁部分と接触し且つ該周縁部分に付着するのに十分に外方に成長し、この場合、キノコ形状部分は、成長境界面にて周方向の温度分布を極めて不均一にし、また、何らかの有意義な量のシリコンがルツボ内に落下するのを妨げるのに十分大きく成長し、その結果、ルツボ内の融液38の供給量の欠乏に起因して成長が過早に終了することになる。また、シリコン塊がキノコ形状部分から分離して且つ融液内に落下し、ルツボが過度に充填され且つルツボを溢れさせ、通常、成長を停止させる状態となることが時々あることが観察される。かかる過早の成長の停止がない場合でも、成長境界における不均一な温度分布は、肉厚を望ましくないほど大きく変動させることになり、このことは、成長した中空体から切断される受容可能なシリコンウェハの全収率を低下させることになる。

## 【0025】

図2には、直径約50.8cm(20インチ)である円筒状中空の薄肉厚のシリコン体を成長させるために好ましい、本発明を具体化する粒子分配器／内側アフターヒータ構造体の改良された形態の加熱炉が図示されている。図2に図示した装置は、ベース部102によってその底端部が閉じられた石英製加熱炉エンクロージュ100を備えている。ベース部102によって支持された中空台座104は支持板106を担持する。グラファイト製サスセプタ108は、幾つかのグラファイト製スタンドオフピン110によって台座104に支持されている。サスセプタ108は、支持板106から隔てられ、その介在する空間には、断熱体として機能するグラファイト製フェルト112の多層が充填されている(便宜上、グラファイト製フェルト幾つかの層は図2に单一の構成要素として図示されて

10

20

30

40

50

いる）。サスセプタ 108 には、ルツボ／ダイ組立体 20A が支持されており、該ルツボ／ダイ組立体 20A は、図 1 に開示されたルツボ装置 20 と同様に、グラファイトで出来てあり、また、米国特許第 5,037,622 号の教示内容に従って、多角形ではなくて、円筒体として成長する形態とされている点が相違する。該特許の教示内容は、参考として引用し本明細書に含めてある。サスセプタ 108 は、ルツボ／ダイユニット 20A の内面を取り巻く立上りフランジすなわちハブ 114 を有している。追加的なグラファイト製絶縁体 122 がサスセプタ 108 及びルツボダイ組立体 20A も取り巻いている。

#### 【0026】

加熱炉のベース板 102 は、グラファイト製供給管 124 が通つて伸びる中央開口部を有している。供給管は、支持板 106 に形成された穴を通つて突き出す、グラファイトで出来た下方の支持管 126 を貫通して上方に伸びている。10

#### 【0027】

支持管 126 の上端は、ルツボ／ダイユニット 20A の内側部分に重なり合うグラファイト製放射遮蔽体 130 を担持している。

上方支持管 134 が支持管 126 内に取り付けられ且つ供給管 124 を取り巻いている。下方支持管 126 の上端は、上方支持管 134 を受け入れ得るように拡大した内径を有している。図 2 に図示するように、管 134 は、管 126 の内面に形成された肩部 136 上に着座している。管 134 の上端は、グラファイトで出来た円錐形の粒子供給方向決め器 138 (図 2 及び図 3A) 内に伸び且つ該方向決め器 138 を支持している。円錐形部材 138 の中心は、供給管 124 の上端が入る軸方向穴 140 を有している。円錐形部材 138 の下側には、フランジ部分 142 が設けられており、また、該下側は、全体として、熱遮蔽体として機能するグラファイト製板 144、145 によって閉じられている。円錐形部材 138 の上面 139 は、水平面から 25° 乃至 40° の範囲の角度にて伸びることが好ましく、この角度は、その上に落下する粒子が円錐形部材の底端縁まで下方に転がるのを保証するのに十分である。しかし、より大きい又はより小さい角度を採用することもできる。円錐形部材 138 の底端縁は、図 4 に最も良く示すように、円筒状の外端縁面 146 にて終わっている。20

#### 【0028】

その頂点に円筒状の管状ハブ 150 を有する円錐形状のグラファイト製粒子偏向器部材 148 が円錐形部材 138 の上方にある。図 3B に最も良く図示するように、上方円錐形部材 148 の下側部すなわち底面 149 は、平坦であり且つ下方円錐形部材 138 の上面 139 と同一の角度にて伸びている。円錐形部材 148 の上面 151 には、一連の同心状の円周方向に伸びる溝 152 が形成されている。溝 152 は、図 3B に最も良く図示するように、L 字形の断面をしており、また、平坦な環状のグラファイト製板 154 の形態をしたバッフルを受け入れ得る寸法とされている。この場合、外径が同一寸法の 6 つの板 154A 乃至 154F がある。板の内径は、板 154A から板 154F まで漸進的に大きくなり、板の内端縁 155 は上方円錐形部材 148 の溝 152 内に入れ子式に嵌まっている。30

#### 【0029】

図 2 及び図 3B を更に参照すると、円錐形部材 148 は、グラファイトで出来た円筒状の内側アフターヒータ部材 160 を支持する肩部として機能する周縁リブ 158 を有している。内側アフターヒータ部材は、板 154A 乃至 154F の外端縁を取り巻き且つ該外端縁に接近しており、また、その上端縁は、頂部板 164 に形成された溝 162 内に着座している。該頂部板は、ねじ付きのグラファイト製栓 168 を受け入れ得る寸法とされた中央穴 166 を有している。ねじ付きのグラファイト製栓は、円錐形部材 148 のハブ 150 内にねじ込まれ、該円錐形部材には、図 3B に参照番号 170 で示すように、内ねじが形成されている。栓 168 がハブ 150 と係合することは、単一の構造体を形成し得るように円筒体 160 を円錐状部材 148 に接続された状態に保つ働きをする。40

#### 【0030】

図 2 乃至図 3A を再度参照すると、粒子偏向器部材 148 は、円錐形部材 138 に形成

された穴 176 及び板 144、145 及び遮蔽体 130 に形成されたその他の整合穴を貫通して伸びる複数のグラファイト製スタンドオフピン 174 によって支持されており、また、サスセプタ 108 のハブ 114 に形成された盲穴内に受け入れられている。スタンドオフピン 174 は、サスセプタ 108 のハブ部分 114 の周りで円周方向に隔てられており、また、上方円錐形部材 148 の下面 149 と下方の円錐形部材 138 の平行な上面 139との間に狭小な隙間を提供するような長さを有している。好ましくは、但し、必須ではないが、該隙間は、3.048 mm (0.12 インチ) 乃至 5.08 mm (0.20 インチ) の範囲とする。

#### 【0031】

次に、図 3B 及び図 4 を参照すると、上方円錐形部材 148 には、底端部に逆又は内方に曲がったリップ部 180 が形成されている。好ましくは、該リップ部 180 は、円筒状の内端縁の面 182 に接続された傾斜（円錐形）上面 181 を有し、これにより面 139、149 の間の隙間は、傾斜面 181 の領域内でその底端部にて増大し、次に、上方円錐形部材 148 の内端縁の面 182 の領域内で減少する。

#### 【0032】

図示した装置は、内側アフターヒータ円筒体 160 を取り巻き且つ該内側アフターヒータ円筒体 160 から隔てられたグラファイト製の外側アフターヒータ 190（図 2 及び図 3A）も備えている。アフターヒータ 190 は、ルツボダイ組立体に形成された穴を貫通して伸び且つサスセプタ 108 によって支持された複数のグラファイト製スタンドオフピン 192 によって支持されている。外側アフターヒータ 190 及びアフターヒータ部材 160 は、軸方向に伸びる環状の通路を画成し、該環状の通路を通じて結晶管状体 200 が成長し且つ該結晶管状体をルツボ / ダイユニット 20A から引き離すことができる。好ましくは、外側アフターヒータは、グラファイト製フェルトの形態をした絶縁性媒体 210 によって取り巻かれるようとする。図示した装置は、また、引張り機構 206 に取り付けられたグラファイト製種ホルダ 204 も有している。該種ホルダ 204 は、その上で結晶体 200 が成長する種を保持する。一般的な方法に従って、種は、典型的に、同様の断面形態を有する、それ以前に成長した管状体の一部分である。該種ホルダには、成長する結晶体の内部から気体を排気し、これにより成長過程に悪影響を与えるであろう圧力の蓄積を回避するための換気穴 208 が設けられている。

#### 【0033】

供給管 124 は、ベース部 102 に固定されたキャップ 210 を通って伸びており、該キャップ 210 は、融液の補給システム 212 に結合されており、該補給システム 212 は、ルツボ内の融液の量を所定の限界値の範囲内に維持し得るように命令に基づいてシリコン粒子を射出し得るようにされている。適宜な融液の補給システムは、G. M. フリードマン (G. M. Freedman) らに対して発行された米国特許第 4,968,380 号、B. H. マッキントッシュ (B. H. Mackintosh) らに対して発行された米国特許第 5,085,728 号、F. U. メイヤー (F. U. Meier) らに対して発行された米国特許第 5,098,229 号に記載されている。

#### 【0034】

上記の構造において、板 154A 乃至 154F 及びカバー板 164 は、引張り軸線に対し平行に、内側アフターヒータ 160 の長さに沿ってほぼ一定の温度勾配となるのを促進する機能を果たす。また、2つの円錐形部材 138、148 は、供給管 124 を介して融液の補給システムから導入されるシリコン粒子の分配器として機能する。円錐形部材 148 は、粒子偏向器として機能し、円錐形部材 138 は、粒子方向決め器として機能し、これら 2 つは、協働してシリコン粒子の流れをルツボ内に導く。粒子は、供給管 124 を介してかなりの速度で射出される。粒子は、栓 168 に衝突し且つ面 139、140 の間の円錐形の隙間に下方に偏向される。粒子は、隙間に沿って落下し且つ、リブ 180 の傾斜面 181 に衝突する。粒子は、傾斜面 181 から飛び出し勝ちとなり、その一部は、内側円錐体 138 の外端縁の面 146 を打撃し、その他は、面 146 と面 182 との間の隙間を通って直ちに落下する傾向となる。基本的に、傾斜面 181 は、粒子の落下を妨害し

10

20

30

40

50

、このため、粒子は、その後、減速した速度にてルツボ内に落下する。図2を再度参照すると、円錐形部材138、148は、リップ部180の面及び底部円錐体138の隣接する面146により形成された排出オリフィスは、融液を保持するルツボの部分の内径と外径との間に実質的に中心があるような寸法とされている。このことは、融液内に落下する粒子は、ルツボのハブ部分に衝突し得ないことを保証する。更に、リップ部180との係合に起因する粒子の速度の低下は、粒子が融液の撥ね出しを殆ど又は全く生じさせないことを保証する。上記の構造の結果、キノコ形状部分の問題は解消され又は実質的に軽減される。

### 【0035】

粒子が融液内に落下するときの速度は、面139、149の角度の関数であり、また、これらの面がより浅い角度で伸びるようにすることは、粒子がルツボ内に落下するときの速度を遅くするのに役立つことが分かった。従って、リップ部180は、以下に説明する代替的な実施の形態におけるように、省略することができる。

10

### 【0036】

図5A及び図5Bには、例えば、「八角形」のような多角形の断面形状の中空体を成長させるのに好ましい、本発明の1つの改変例が図示されている。図5Aには、図5Bの下側部分が示され、図5Bには、共通の構造体の上側部分が示してある。この点に関して、図5A及び図5Bは、概略図を示すものであり、加熱炉エンクロージャ、外側アフターヒータ、ルツボ及びサスセプタの外側部分は省略されていることを理解すべきである。しかし、図5の実施の形態は図2に示した加熱炉と共に使用されることを理解すべきである。

20

### 【0037】

図5A及び図5Bに図示した装置は、ルツボ／ダイ組立体20Aを支持するサスセプタ108を備えている。ルツボ／ダイユニット20Aの毛管ダイ部分、好ましくは該装置のルツボ部分の外壁、また外側アフターヒータ（図示せず）は、平面図で見たとき、成長させるべき中空体の多角形の断面形態に適合し得るような形状とされている。この場合、ルツボの中央ハブ36はサスセプタハブ114の上方となる内側リップ部すなわちフランジ230を有しており、該フランジは下方支持管126Aに取り付けられ且つ該下方支持管を取り巻くグラファイト製スペーサ部材232により隔てられている。該下方支持管は、供給管124の案内部として機能する上方支持管134Aを取り巻き且つ該上方支持管134Aを支持している。グラファイト製スタンドオフリング236がルツボハブ36上に着座している。グラファイトで出来ており且つ傘状部として機能し、また、部材138と同等の機能を果たすテーパー付きの粒子方向決め部材240がスタンドオフリングに着座している。部材240の上面242は、実質的に平坦であり且つ円錐形の断面プロファイルを提供し得るように水平面に対し選んだ角度で傾斜している。この場合、面242は、図2の相応する円錐形部材138の面139よりも浅い角度で伸びる状態で示してある。面242は、その周縁にて外端縁の面244に接続されている。該外端縁の面は円筒状であり、上面242は円錐形である。方向決め部材240は、上方支持管134Aの上端を受け入れ得るようにさら穴とされた中央穴を有している。供給管124の上端は管134Aを貫通して部材242の頂点まで伸びている。

30

### 【0038】

図5A及び図5Bの装置は、また、図2の部材148と同等の機能を果たすテーパー付きの粒子偏向器部材250も有している。粒子偏向器部材250は、頂部フランジ253を有する中央のねじ付き開口部252を備えている。栓254は開口部252内に嵌まる。部材250は垂下する側端縁壁258も有している。該垂下する側端縁壁は、平面図で見たとき丸い形態であり、その内面260は供給管124の軸線に対し平行に伸びている。上方円錐形部材250の内側（底部側）円錐形面262は平坦であり且つ下方円錐形部材240の上面242と実質的に等しい角度で伸びている。側壁258は、その底端部に環状板270に対する支持体として機能する周縁フランジ268を有している。板270は、側壁258と同一の多角形の断面形状を有するグラファイト製の内側アフターヒータ272を支持している。図示しないが、内側アフターヒータ272は成長すべき多角形体

40

50

の各側部に1つずつ設けられた、複数の平坦なグラファイト製板から成っており、これらの板は、図示するように板270の溝内に着座していることが好ましい。

#### 【0039】

偏向器部材250には、連続的な円形ボス274が形成されており、該円形ボスは、複数の平坦なグラファイト製板278に接続するために使用されるねじ付き連結ロッド276を受け入れるねじ穴を有しており、該複数の平坦なグラファイト製板はアフターヒータ272の軸線に対し平行な熱勾配を保証する働きをする。連結ロッドにおけるスペーサ管282は板278の間に選ばれた間隔を保つ働きをする。頂部板284は、外側アフターヒータ272を構成する板の上端と相互係止し得るよう溝が形成されている。連結ロッド276の上端のナット286は、支持板285を頂部板284に対して押し付け、これにより板278、アフターヒータ272及び板270が部材250に対し係止され、单一構造体を形成し得るようにする働きをする。該構造体は、板270及びルツボ/ダイユニット20Aの盲穴内に受け入れられる複数のスタンドオフピン288によって支持されている。ピン288は、図示するように、板270をルツボ/ダイユニットに近接する位置に保ち得るような長さを有しており、面242、262の間の間隔は、粒子が面242に沿って下方に自由に流れることを保証するのに十分に大きいが、粒子が栓254によって偏向されたとき、粒子の軌跡を制御するのに十分に小さい。

10

#### 【0040】

この配置において、供給管124を介して導入された粒子は偏向器の栓254に衝突する。次に、粒子は、栓254によって偏向され、2つの部材240、250の間に形成された隙間290内に落下する。粒子は、隙間290に沿って下方に面244、260の間の環状空間内に移動する。粒子が隙間290に沿って下方に移動するとき、これら粒子は、面260の高さに沿って垂直に隔てられた異なる箇所にて面260を打撃し勝ちとなる。粒子の一部は面244に対して面260から飛び出す一方、その他は面260から直接、融液内に落下する。面244、260の間に形成された排出オリフィスは、ルツボのダイ部分とルツボハブ36との間の中間の箇所に粒子を排出し得るように配置されている。その結果、融液内に落下するシリコン粒子はハブ36と接触しない。また、面260、244に衝突する結果、その速度が妨げられるため、粒子は何ら顕著な乱れ又は跳ね出しを生ぜずに融液内に落下し、これによりより低温となり勝ちなハブ36の上方部分にて液体シリコンの付着を回避する。

20

#### 【0041】

図2を再度参照すると、本発明の第二の側面は結晶成長装置と関係した誘導加熱手段に関する。図2には、加熱炉エンクロージャを取り巻く2つの加熱コイル296、298が概略図的に図示されており、コイル296は2つの巻線部を有し、コイル298は単一の巻き線部を有する。しかし、各コイルの特徴である巻き線部の数は変更可能である。機械的手段(図示せず)はコイル296、298を加熱炉エンクロージャと同心状の関係に支持する。好ましくは、コイル296はそのエネルギーの殆どを該構成要素に付与し得るようにサスセプタ108の高さに配置される一方、該構成要素は、ルツボに熱を提供する。コイル298は外側アフターヒータ190の底端部を取り巻くように配置され、これにより双方のアフターヒータに熱を加え得るようにすることが好ましい。ファラデーリング300はコイル298の上方で加熱炉エンクロージャを取り巻く関係に配置されている。機械的手段(図示せず)は、ファラデーリングがコイル298に向け又はコイル298から離れて垂直方向に動き得るようにファラデーリングを支持している。図示しないが、コイル296、298は適宜な電源と直列に接続されており、これにより、これらコイルは、該コイルが取り巻く要素を誘導加熱し得るように励起させることができる。「短くした巻線部」又は「短くしたリング」としても既知であるファラデーリングは、二次加熱コイル298の磁界と相互作用し、その結果、該ファラデーリングは、コイル298を励起させることにより発生された磁界を歪ませ且つ該磁界に対抗する磁界を提供する。リング300をコイル298に接近するように移動させると、該対抗する磁界が増大する。コイル298の磁界を変化させることは、該コイル内で磁界上を流れる電流とコイル296内を流れ

30

40

50

る電流との比率に影響を与える。対抗する磁界に起因する正味効果は、コイル 298 の有効熱出力を減少させ、これによりその熱入力とコイル 296 の熱入力との比率を修正することである。実際には、ルツボ及び外側アフターヒータへの熱入力が成長過程を最適化するものであると操作者が満足する迄、ファラデーリングの位置が調節される。

#### 【0042】

上述した装置の改良は、「キノコ形状部分」の問題を、解消し又は実質的に軽減し且つ 2つの隣接する加熱コイルの加熱効果を制御する効果的な方法を提供するという有利な効果をもたらす。更なる有利な効果は、図 1 に図示するように、改良された粒子分配器／内側アフターヒータ構造体を結晶成長装置内に取り付けるために、該装置又は中空体を成長させる方法に何ら実質的な変更を加えることが不要な点である。この点に関して、本発明 10 はルツボへの粒子の供給を一層良くしつつ、上記米国特許第 5,037,622 号に開示され且つ特許請求の範囲に記載された発明の有利な効果の全てを保持することを認識すべきである。

#### 【0043】

関係する本発明の範囲から逸脱せずに、上記の装置にて特定の変更及び改変を具体化することが可能である。このように、例えば、毛管ルツボ／ダイユニットの上端面は、円形、橢円形、三角形、矩形又はその他の断面形態を有する中空体を製造し得る設計とすることができる。また、図面に図示した構造体の異なる部分の相対的寸法は変更可能である。例えば、偏向器及び方向決め器の部材の対向する面の角度は、粒子が融液内に排出されるときの速度を調節し得るよう且つ異なる寸法の中空体を成長させるために必要とされるように、ルツボ／ダイユニットの寸法の変化に従って変えることが可能である。 20

#### 【0044】

本発明の原理から逸脱せずに、ルツボ／ダイ組立体の設計のその他の変更も具体化可能である。このように、例えば、ルツボ及び EFG ダイは図面に図示した一体型のルツボ／ダイユニット 20A と機能的に同等物を形成し得るように互いに組み立てられる 2 つの別個で且つ相違する部材として形成することができる。また、図 5A 及び図 5B の粒子分配器／内側アフターヒータ構造体は、大きい円筒体を成長させるために使用し得るよう改変することができ、図 2 乃至図 4 の相応する構造体は八角形又は多角形又はその他の断面形態を有するその他の結晶体を成長させるときに使用し得るよう改変することができる。この点に関して、方向決め器部材 240 の面 244 及び偏向器部材 250 の垂下壁 258 は、八角形の断面の中空体を成長させる場合、平面図で見たとき、例えば、八角形のような多角形となるような形状とすることが可能であることを理解すべきである。本発明は管状の中空体を成長させる改良された装置及び方法に関するものであるが、当該技術分野の当業者は、EFG 法及び装置に關係する他の発行特許に記載されたように、所要形状の他の結晶材料を成長させるためにも使用可能であることが理解されよう。シリコン以外の材料の結晶体を成長させるとき、例えば、ルツボ／ダイユニット、アフターヒータ、放射遮蔽体のような EFG 成長領域の幾つかの構成要素は、適宜な組成、純度及び強度を有する結晶体が得られるようにグラファイト以外の材料で製造する必要があろう。 30

#### 【0045】

更に他の可能な改変例は当該技術分野の当業者に明らかであろう。このため、上記の説明に含め又は添付図面に示した全ての事項は単に一例にしか過ぎず、限定的なものではないと解釈されることを意図するものである。 40

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0046】

【図 1】本発明以前に使用された型式のシリコン供給分配器組立体を有する EFG 結晶成長加熱炉装置の一部軸方向断面図とした正面図である。

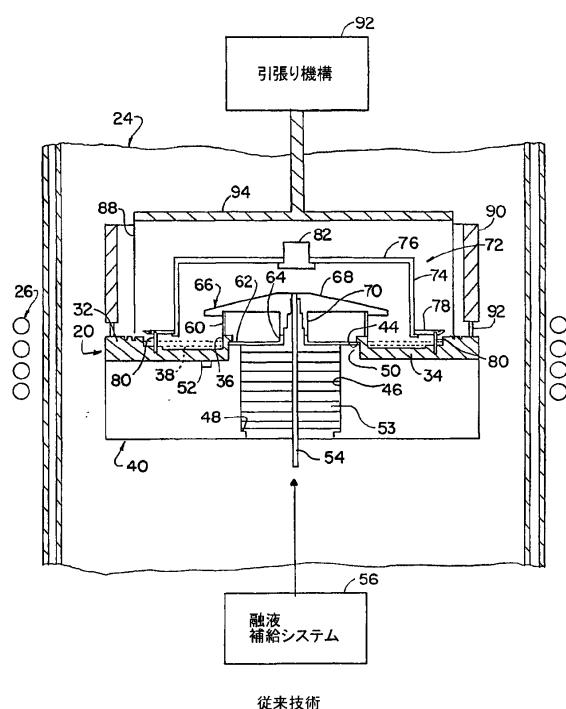
【図 2】本発明を具体化する改良されたシリコン供給分配器を備える結晶成長加熱炉の図 1 と同様の図である。

【図 3】3A は EFG ルツボ／ダイ組立体に対する改良された供給分配器の下方部分の拡大断面図である。 3B は改良された供給分配器の上方部分の拡大断面図である。 50

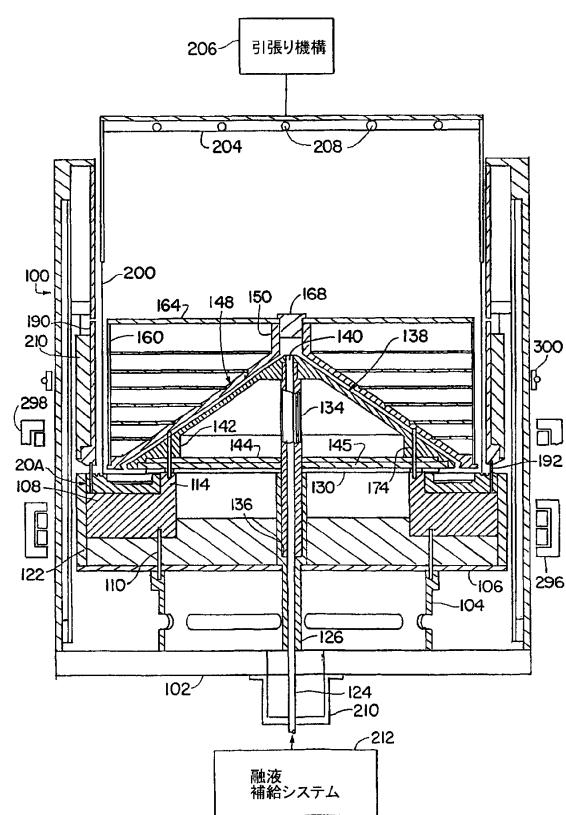
【図4】改良された供給分配器の排出オリフィス部分の拡大断面図である。

【図5】5Aは本発明の1つの代替的な実施の形態を示す拡大部分断面図である。5Bは本発明の1つの代替的な実施の形態を示す拡大部分断面図である。

【 四 1 】



【 四 2 】



【図3A】

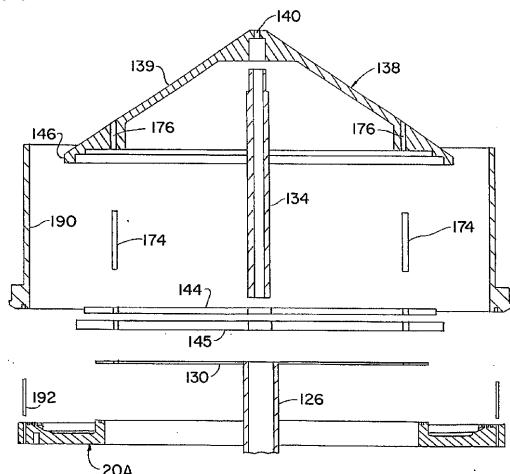


FIG. 3A

【図3B】

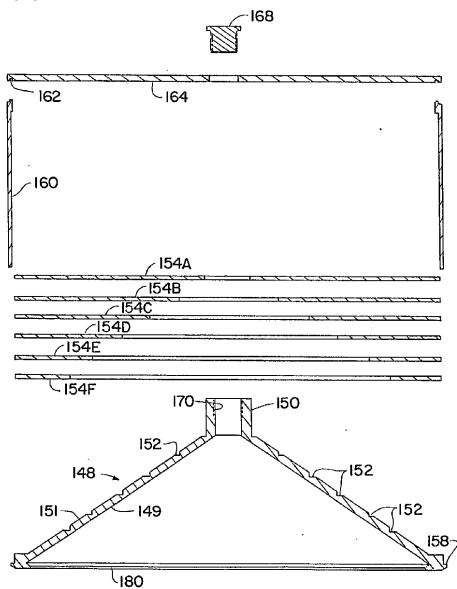


FIG. 3B

【図4】

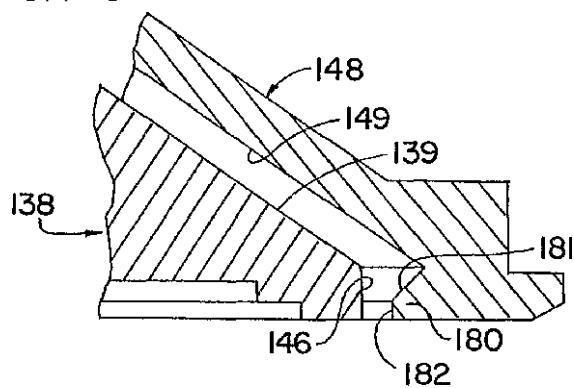


FIG. 4

【図5A】

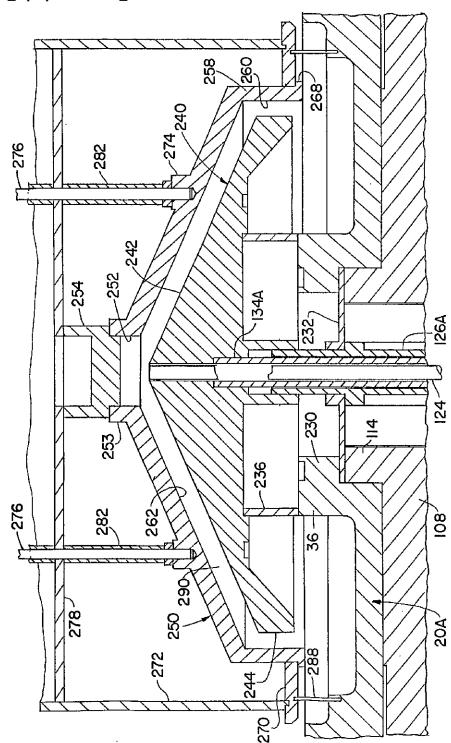


FIG. 5A

【 5 B 】

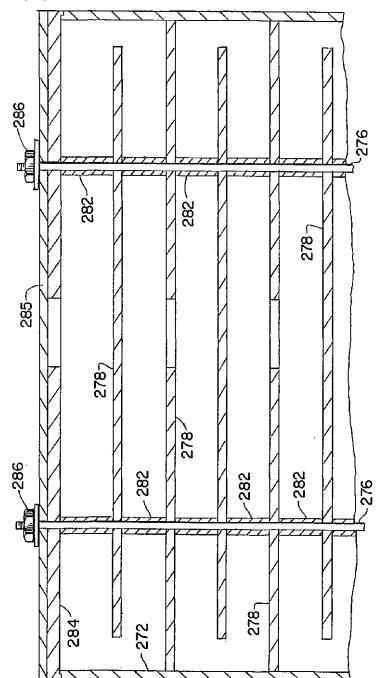


FIG. 5B

---

フロントページの続き

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(74)代理人 100093089

弁理士 佐久間 滋

(72)発明者 マッキントッシュ , ブライアン・エイチ

アメリカ合衆国マサチューセッツ州01742 , コンコード , ナショバ・ロード 127

(72)発明者 オーレット , マーク

アメリカ合衆国ニューハンプシャー州03064 , ナシュア , メトロポリタン・アベニュー 7

審査官 若土 雅之

(56)参考文献 特表平05-501538 (JP, A)

特表平04-500063 (JP, A)

国際公開第00/057980 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

C30B 1/00-35/00