

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3592467号

(P3592467)

(45) 発行日 平成16年11月24日(2004.11.24)

(24) 登録日 平成16年9月3日(2004.9.3)

(51) Int.Cl.⁷C3OB 15/00
HO1F 6/00

F I

C3OB 15/00 Z
HO1F 7/22 ZAAZ

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-302966
 (22) 出願日 平成8年11月14日(1996.11.14)
 (65) 公開番号 特開平10-139599
 (43) 公開日 平成10年5月26日(1998.5.26)
 審査請求日 平成13年11月27日(2001.11.27)

(73) 特許権者 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100087332
 弁理士 猪股 祥晃
 (72) 発明者 佐々木 高士
 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
 株式会社東芝 京浜事業所内
 (72) 発明者 小口 義広
 神奈川県横浜市鶴見区末広町2丁目4番地
 株式会社東芝 京浜事業所内

審査官 横山 敏志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 単結晶引上げ装置用超電導磁石

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体用単結晶材料をるつぼ内で融解させ、前記るつぼを内蔵した引上げ炉の外部に超電導磁石を配設し、この超電導磁石による磁場を印加して前記融解した単結晶材料から単結晶を引上げる単結晶引上げ装置用超電導磁石において、前記超電導磁石は相互に向き合い液体冷媒中に浸漬した二個の超電導コイルをそれぞれ別々のクライオスタットに内蔵し、前記それぞれの超電導コイルが発生する磁場の方向が前記引上げ炉の引上げ方向に対して横方向であり、かつ前記それぞれのクライオスタットにサポートを機械的または冶金的に接続してその間の設置スペースを調整自在に支持してなることを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【請求項2】

前記磁場の方向が引上げ方向に対して横方向に構成した超電導磁石を前記引上げ方向と同じ向きの磁場を発生する磁石としてなる請求項1記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【請求項3】

前記超電導コイルの電流値をそれぞれ異なる値に設定し、それぞれ別々の磁場強度を発生させるように構成したことを特徴とする請求項1記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【請求項4】

前記超電導コイルが発生する磁場の方向をそれぞれ同じ方向または相対する方向に任意調整し得るように設定してなることを特徴とする請求項1記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【請求項 5】

前記超電導コイルに冷凍機が具備する低温部を接続してなることを特徴とする請求項 1 記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【請求項 6】

前記別々のクライオスタットを磁気回路上に直列に少なくとも二個配列してなることを特徴とする請求項 1 記載の単結晶引上げ装置用超電導磁石。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、例えばコンピュータのメモリー等に用いられる半導体ウエハーを製造するための単結晶引上げ装置に設置する単結晶引上げ装置用超電導磁石に関する。 10

【0002】**【従来の技術】**

シリコンやガリウム砒素などの半導体は、小型から大型までのコンピュータのメモリー等に利用されており、記憶装置の大容量化、低コスト化、高品質化が要求されている。

【0003】

これらの要求を満たす単結晶引上げ方法の 1 つとしてるつぼ内に融解した半導体材料に磁場を印加させることで、その融解液に発生する熱対流を止め、大口径かつ高品質の半導体を製造する方法が知られている。これを一般にチョクラスキー（CZ）法と称している。 20

【0004】

図 7 により従来の CZ 法による単結晶引上げ装置の第 1 の例を説明する。

符号 1 は引上げ炉で、この引上げ炉 1 内にあるつぼ 2 が配置され、引上げ炉 1 内にヒータ 3 が設けられ、引上げ炉 1 の外側に超電導磁石として超電導コイル 4 を内蔵したクライオスタット 5 が配置されている。

【0005】

るつぼ 2 内に半導体材料 6 を入れてヒータ 3 により加熱し、半導体材料 6 を融解させる。この融解液中に種結晶を挿入し、引上げ機（図示せず）により種結晶を所定の速度で引上げていくと固体 - 液体境界層に結晶が成長し、単結晶 9 が生成される。この際、ヒータ 3 の加熱によって誘起される融解液の流体的運動、即ち熱対流が生じる。 30

【0006】

しかし、融解液の半導体材料 6 はクライオスタット 5 に内蔵された超電導コイル 4 の発生する磁力線 7 によって力が加えられ、るつぼ 2 内で対流することなく、ゆっくりと引上げ方向 8 の向きに引上げられて固体の単結晶 9 として製造される。なお、引上げ炉 1 の上方には単結晶 9 をるつぼ中心線 10 に沿って引上げるための引上げ機（図示せず）が設けられている。

【0007】

つぎに、図 8 および図 9 により図 7 における単結晶引上げ装置に使用される超電導磁石の第 1 および第 2 の例を説明する。

図 8 はコ字型（一体形）クライオスタット 5 a を使用した第 1 の超電導磁石の例であり、クライオスタット 5 a 内部には互いに向き合って二個一対の超電導コイル 4 a , 4 b が収納されている。 40

【0008】

なお、符号 11 は 2 つの超電導コイル 4 a , 4 b に電流を導入する電流リード、12 はクライオスタット 5 a 内部に納められた輻射シールド（図示せず）を冷却するための小型ヘリウム冷凍機、13 はクライオスタット 5 a 内のヘリウムガスを放出するガス放出管、14 は液体ヘリウムを補給する補給口を有するサービスポートをそれぞれ示している。ポア寸法 15 内には、図 7 に示した引上げ炉 1 が配設される。

【0009】

図 9 は円筒型クライオスタット 5 b を使用した第 2 の超電導磁石の例であり、第 1 の例と 50

同様に二個一対の超電導コイル 4 a , 4 b を単一のクライオスタット 5 b 内に収納されている。第 1 および第 2 の例ともに引上げ方向 8 に対して横方向に磁場を印加できるように構成されている。

【 0 0 1 0 】

つぎに図 1 0 により図 8 および図 9 に示した超電導磁石の構造を説明する。

図 1 0 は超電導コイル 4 a と 4 b の回路と、クライオスタットの内部を縦断面で模式的に示している。すなわち、超電導コイル 4 a と 4 b は電氣的に直列接続され、その両端は電流リード 1 1 に接続している。電流リード 1 1 から電流を投入することにより超電導コイル 4 a , 4 b には同じ値の電流が流れ、各々が同じ値で同じ向きの磁場を発生する。また、超電導コイル 4 a , 4 b と並列に永久電流スイッチ 2 0 が電流リード 1 1 に接続している。この永久電流スイッチ 2 0 により外部から電流投入を停止した後も永久に超電導コイル 4 a , 4 b に電流が流れ、磁場が発生するように構成されている。

10

【 0 0 1 1 】

これらの超電導コイル 4 a , 4 b および永久電流スイッチ 2 0 は、液体ヘリウム等の冷媒 2 1 中に浸漬している。冷媒 2 1 は冷媒容器 1 6 内に収納されている。冷媒容器 1 6 の外側にはその全体を覆う互いに温度の異なる第 1 と第 2 の輻射シールド 1 7 , 1 8 が設けられ、これらの輻射シールド 1 7 , 1 8 は、さらに真空容器 1 9 によって覆われ、内部は真空断熱されている。第 1 および第 2 の輻射シールド 1 7 , 1 8 は、小型のヘリウム冷凍機 1 2 で冷却されており、冷媒容器 1 6 内への輻射熱を低減させている。

【 0 0 1 2 】

一対の超電導コイル 4 a , 4 b は同じ横向き磁場を発生しているヘルムホルツ型コイルであり、図 7 に示するつぼ中心線 1 0 を中心に左右対称の磁力線 7 が出ている。この左右対称の中心点を磁場中心と称している。

20

【 0 0 1 3 】

つぎに図 1 1 により従来の単結晶引上げ装置の第 2 の例を説明する。

なお、図 1 1 中、図 7 および図 8 と同一部分には同一符号を付して重複する部分の説明は省略する。第 2 の例は第 1 の例と同様にクライオスタットに収納された上下一対の超電導コイル 4 c , 4 d は引上げ方向 8 と同軸上に配置されており発生する磁力線 7 も引上げ方向と一致している。

【 0 0 1 4 】

図 1 1 に示す第 2 の例においては、一対の超電導コイル 4 c , 4 d が互いに相対する磁場を発生するカスプ型の例であるが、互いの超電導コイルが同じ向きの磁場を発生するヘルムホルツ型とすることも有する。横磁場についてはヘルムホルツ型、縦磁場についてはカスプ型がよく用いられている。

30

【 0 0 1 5 】

【 発明が解決しようとする課題 】

このように構成された従来の超電導磁石の課題はつぎの通りである。

(1) 引上げる単結晶 9 の大きさに合わせて引上げ炉 1 の大きさも変わるが、従来の超電導磁石では全体が単一の真空容器 1 9 に納められた一体形のため、引上げ炉 1 を配置する空間であるボア寸法 1 5 を変えることが困難である。したがって、引上げ炉 1 の寸法が変わると、それに合ったボア寸法 1 5 を有する磁石を新たに製作する必要がある。

40

【 0 0 1 6 】

(2) 冷媒容器 1 6 内で二個の超電導コイル 4 a , 4 b が電氣的に接続されているため、ヘルムホルツ型として製作された磁石をカスプ型とするには分解して電氣的接続を変えるか、または新たに磁石を製作する必要がある、いずれにしても容易に変えることはできない。また、カスプ型をヘルムホルツ型に変えることも同様に困難である。

【 0 0 1 7 】

(3) 電氣的に接続された二個の超電導コイル 4 a , 4 b の少なくとも一方の通電値を変えて、前記磁場中心を変えることができなかった。よって、横磁場タイプにおいては磁石と引上げ機の据付精度が充分でないとするつぼ中心線 1 0 に対して対称の磁場を発生させ

50

ることはできない。

【0018】

また、縦磁場タイプにおいて、特にカスプ型は、結晶引上げによる溶解半導体材料の液面低下に対して磁場中心を下げることはできない。よって、液面近傍の磁場は、液晶引上げにより変化して均一な品質の単結晶を製造することはできない。

【0019】

(4) 横磁場用として構成された磁場を縦磁場にすることは困難である。例えば円筒形磁石においては、あらかじめ横磁場用コイルと縦磁場用コイルを内蔵させておく必要があり、磁石が大型になったり価格が高くなるなどの欠点がある。

【0020】

(5) 図12に示すように一体形クライオスタット5を超電導磁石を使用して引上げ炉1を二台並列設置したい場合には設置ピッチ22で設置するが、設置スペース24を最小にするためには磁石間隔23を零にする以外になく、これ以上設置スペース24を小さくすることはできない。

【0021】

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、ボア寸法を容易に変えることができ、ヘルムホルツ型とカスプ型のいずれかを容易に選択でき、かつ磁場中心を容易に変えることができ、また横磁場と縦磁場を容易に変更でき、さらに、設置スペースを小さくできる単結晶引上げ装置用超電導磁石を提供することにある。

【0022】

【課題を解決するための手段】

請求項1に係る発明は、半導体用単結晶材料をるつぼ内で融解させ、前記るつぼを内蔵した引上げ炉の外部に超電導磁石を配設し、この超電導磁石による磁場を印加して前記融解した半導体用単結晶材料から単結晶を引上げる単結晶引上げ装置用超電導磁石において、前記超電導磁石は相互に向き合い液体冷媒中に浸漬した二個の超電導コイルをそれぞれ別々のクライオスタットに内蔵し、前記それぞれの超電導コイルが発生する磁場の方向が前記引上げ炉の引上げ方向に対して横方向であり、かつ前記それぞれのクライオスタットにサポートを機械的または冶金的に接続してその間の設置スペースを調整自在に支持してなることを特徴とする。

【0023】

請求項1に対応する超電導磁石は、クライオスタットが一体形でなく、二個の超電導コイルが別々のクライオスタットに内蔵されている分割タイプなので、クライオスタット間のスペースすなわちボア寸法を容易に変えることができる。

【0024】

請求項2に係る発明は、前記磁場の方向が引上げ方向に対して横方向に構成した超電導磁石を前記引上げ方向と同じ向きの磁場を発生する磁石としてなることを特徴とする。

【0025】

請求項2に対応する超電導磁石は、分割したクライオスタットを使用することで、引上げ方向に対し横磁場を発生するように配置した各々のクライオスタットを引上げ方向と同方向に配置することが容易になり、縦磁場を発生させることが容易に可能となる。

【0026】

請求項3に係る発明は前記超電導コイルの電流値をそれぞれ異なる値に設定し、それぞれ別々の磁場強度を発生させるように構成したことを特徴とする。

請求項3に対応する超電導磁石は、各々の分割されたクライオスタットが各々の電流リードを有することで二個の超電導コイルに別々の電流値を流すことができ、磁場中心を移動させることができる。

【0027】

請求項4に係る発明は、前記超電導コイルが発生する磁場の方向をそれぞれ同じ方向または相対する方向に任意調整し得るように設定してなることを特徴とする。

【0028】

10

20

30

40

50

請求項 4 に対応する超電導磁石は、分割されたクライオスタットが別々の電流リードを有し、プラスとマイナスの極性を変えるだけで二個の超電導コイルが同じ向きの磁場または相対する磁場を発生することができる。

【 0 0 2 9 】

請求項 5 に係る発明は、前記超電導コイルに冷凍機が具備する低温部を接続してなることを特徴とする。

請求項 5 に対応する超電導磁石は、小型ヘリウム冷凍機が具備する低温部を熱的に超電導コイルと接続することで超電導状態を作れるので、冷媒やそれを収納する容器が不要となる。

【 0 0 3 0 】

請求項 6 に係る発明は、前記別々のクライオスタットを磁気回路上に直列に少なくとも二個配列してなることを特徴とする。

請求項 6 に対応する超電導磁石は、分割された複数個の磁石を並べることによって、従来では例えば 2 台の引上げ炉に対して 4 個の超電導コイルを必要としたが、本発明では 3 個で良いことになる。

【 0 0 3 1 】

【 発明の実施の形態 】

図 1 および図 2 により本発明に係る単結晶引上げ装置の第 1 の実施の形態を説明する。

図 1 は本実施の形態に係る超電導磁石の斜視図を示しており、符号 2 5 a , 2 5 b で示す一对のクライオスタットはそれぞれ全く同様の構造となっている。これらのクライオスタット 2 5 a , 2 5 b 内には超電導コイル 2 6 a , 2 6 b が収納されている。一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b 間は間隔を調整できるようにこれらのクライオスタット 2 5 a , 2 5 b をサポート 2 7 に機械的または冶金的に接続している。

【 0 0 3 2 】

一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b には独自の電流導入用電流リード 2 8 a , 2 8 b が接続されており、また輻射シールドを冷却する小型ヘリウム冷凍機 2 9 a , 2 9 b および液体ヘリウム注入口とヘリウムガス放出口を有するサービスポート 3 0 a , 3 0 b を備えている。

【 0 0 3 3 】

一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b 間は、同じ長さの 4 本のサポート 2 7 によって間隔 3 1 を保っており、この間隔 3 1 内に図 2 に示すように引上げ炉 1 が設置される。また、一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b は中央部に貫通孔 3 2 a , 3 2 b を有しており、超電導コイル 2 6 a , 2 6 b は単結晶 9 の引上げ方向 8 に対して横磁場を発生できるように構成されている。

【 0 0 3 4 】

図 2 は図 1 の A - A 矢視方向から見た図であり、引上げ炉 1 およびその内部は図 7 の構成と同様であるので、図 2 中、図 7 と同一部分には同一符号を付して重複する部分の説明は省略する。

【 0 0 3 5 】

つぎに第 1 の実施の形態の作用効果を説明する。

図 1 に示した超電導磁石においてはより大きな、または小さな引上げ炉 1 を一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b の間に設置する必要が発生した場合にはサポート 2 7 の長さを調整することで間隔 3 1 を引上げ炉 1 の外径に合わせて広げたり縮めたり調節できる。サポート 2 7 は長さの異なるものと交換するかまたはターンバックルのように長さを自身で調整できることで間隔 3 1 を調節することができる。

【 0 0 3 6 】

また、二個の超電導コイル 2 6 a , 2 6 b はそれぞれ別々の電流リード 2 8 a , 2 8 b を有しているので、例えば左側の超電導コイル 2 6 b の電流を小さくするか、右側の超電導コイル 2 6 a の電流を大きくすることが図示していない外部電源で容易にでき、二個の超電導コイル 2 6 a , 2 6 b の磁場中心はこの場合、電流値の小さい左側へ寄る。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 7 】

さらに、二個の超電導コイル 2 6 a , 2 6 b のうち、片方の電流リード 2 8 a または 2 8 b の端子 (プラス , マイナス) の接続を変えるだけで片方の超電導コイル 2 8 a または 2 8 b の磁場向きを変えることができ、結果としてヘルムホルツ型をカスプ型に、またはその逆に容易に変えることができる。

【 0 0 3 8 】

つぎに図 3 により本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 2 の実施の形態を説明する。

なお、図 3 中図 1 および図 2 と同一部分には同一符号を付して重複する部分の説明は省略する。

10

【 0 0 3 9 】

本実施の形態が第 1 の実施の形態と異なる点是一对のクライオスタット 2 5 a , 2 5 b を上下に配置し単結晶 9 の引上げ方向 8 と同軸にサポート 2 7 を介して設置したことにより、その他の部分は図 2 に示した例をそのまま全て縦向きに構成している。

【 0 0 4 0 】

すなわち、引上げ炉 1 はクライオスタット 2 5 a , 2 5 b に設けた貫通孔 3 2 a , 3 2 b の内側に配置され、超電導コイル 2 6 a , 2 6 b は縦方向に磁場を発生できるようになっており、その他の構成は第 1 の実施の形態と同様である。

【 0 0 4 1 】

本実施の形態は第 1 の実施の形態と同様にヘルムホルツ型またはカスプ型磁場の選択が容易にできる。また、磁場中心を互いの超電導コイル 2 6 a , 2 6 b の電流値を変えるだけで、るつぼ 2 内の半導体用単結晶材料を融解した融解液面 3 3 の移動に沿って磁場中心を移動できる。

20

【 0 0 4 2 】

つぎに図 4 および図 5 により本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 3 の実施の形態を説明する。

図 4 は本実施の形態の斜視図を示し、図 5 は図 4 におけるクライオスタット 2 5 a を拡大して断面図で示している。

【 0 0 4 3 】

本実施の形態が第 1 の実施の形態と異なる点は図 1 に示した冷媒補給口のあるサービスポート 3 0 a または 3 0 b を削除したことであり、その他は全て図 1 と同様の構成となっている。

30

【 0 0 4 4 】

本実施の形態においては、冷媒とそれを収納する冷媒容器を有しておらず、また、超電導コイル 2 6 a (2 6 b) は小型ヘリウム冷凍機 2 9 a によって冷却されている。超電導コイル 2 6 a (2 6 b) は輻射シールド 1 7 で覆われており、これらは真空容器 1 9 内に収納されている。電流リード 2 8 a は超電導コイル 2 6 a に電流を供給する。

【 0 0 4 5 】

本実施の形態によれば、超電導コイル 2 6 a (2 6 b) は冷凍機 2 9 a (2 9 b) によって冷却され超電導状態を保持することができるので、液体ヘリウムなどの冷媒を必要とせず、かつ冷媒補給に要するコストを削減することができる。

40

【 0 0 4 6 】

つぎに図 6 により本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 4 の実施の形態を説明する。

本実施の形態は図 6 に示したようにクライオスタット 2 5 a , 2 5 b , 2 5 c を 3 個並列してそれぞれサポート 2 7 により支持したことにある。これにより本実施の形態では第 1 と第 2 のクライオスタット 2 5 a と 2 5 b との間隔 3 4、第 2 と第 3 のクライオスタット 2 5 b と 2 5 c との間隔 3 4 内にそれぞれ図 2 に示した引上げ炉 1 が設置される。

【 0 0 4 7 】

図 1 2 に示す従来例では設置スペース 2 4 内のクライオスタット 5 に内蔵された超電導コ

50

イル数は合計 4 個必要である。これに対して、図 6 に示す実施の形態では超電導コイル数は合計 3 個でよく、したがって設置スペース 24 は小さくでき、かつ、超電導コイル数が少ない分低コストの超電導コイルを供給できる。

【0048】

図 6 に示す本実施の形態では 3 個のクライオスタット 25a ~ 25c に 2 台の引上げ炉を設置する例を示したが、引上げ炉を 3 台以上設置する場合についても同様にクライオスタットを 1 個ずつ増加すればよいことになる。また、従来例では引上げ炉の設置台数 N に対し $N \times 2$ の超電導コイル数が必要だったが本実施の形態によれば $N + 1$ の超電導コイル数で良いことになる。つまり、引上げ炉を 10 台設置した場合には結果として 9 個の超電導コイル数が削減できる。

10

【0049】

さらに、図 1 および図 6 に示した各々のクライオスタットを全く同様の構成とすることにより、大量生産が可能となり、低コストの超電導磁石を供給することができる。

【0050】

【発明の効果】

本発明によれば以下に述べる効果がある。

(1) 引上げ炉の大きさに合わせて容易にボア寸法を変えることができるため、引上げ炉のサイズ毎に超電導磁石を新たに製作する必要はない。

【0051】

(2) 磁場中心および磁場分布を容易に変えることができるので、引上げ炉と超電導磁石の位置精度を正確にする必要がなく、かつ融解液面の位置変化に応じた磁場強度制御が可能となるので高品質な単結晶を製造することができる。

20

【0052】

(3) 横磁場および縦磁場の選択が一对の超電導磁石で可能となる。

(4) ヘルムホルツ型またはカスプ型の選択を一对の超電導コイルで行うことができる。

【0053】

(5) 冷媒を必要としないので、冷媒補給の手間や冷媒費用を削減できる。

(6) 引上げ炉の設置スペースを小さくできる。

(7) 大量生産が可能となり、低コストの超電導磁石が供給可能となる。

30

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 1 の実施の形態を一部概略的に示す斜視図。

【図 2】図 1 における A - A 矢視方向から見た単結晶引上げ装置を示す縦断面図。

【図 3】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 2 の実施の形態を一部概略的に示す縦断面図。

【図 4】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 3 の実施の形態を一部概略的に示す斜視図。

【図 5】図 4 におけるクライオスタットを一部概略的に示す縦断面図。

【図 6】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導磁石の第 4 の実施の形態を一部概略的に示す斜視図。

40

【図 7】従来の単結晶引上げ装置の第 1 の例を示す縦断面図。

【図 8】図 7 における超電導電磁石の第 1 の例を示す斜視図。

【図 9】図 7 における超電導電磁石の第 2 の例を示す斜視図。

【図 10】図 8 および図 9 における超電導電磁石を模式的に示す縦断面図。

【図 11】従来の単結晶引上げ装置の第 2 の例を示す縦断面図。

【図 12】従来の超電導磁石の設置課題を説明するための例を示す平面図。

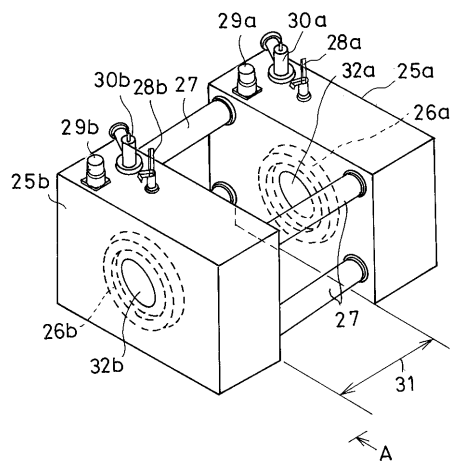
【符号の説明】

1 ... 引上げ炉、2 ... るつば、3 ... ヒータ、4 ... 超電導コイル、5 ... クライオスタット、5a ... コ字型クライオスタット、5b ... 円筒型クライオスタット、6 ... 半導体用材料、7 ...

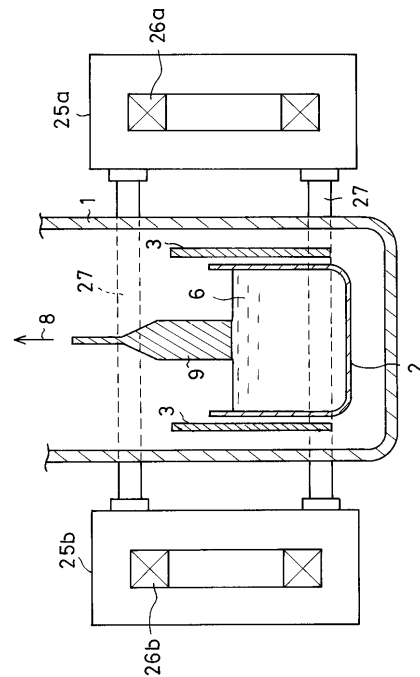
50

磁力線、 8 ... 引上げ方向、 9 ... 単結晶、 10 ... るつぼ中心線、 11 ... 電流リード、 12 ... 小型ヘリウム冷凍機、 13 ... ガス放出管、 14 ... サービスポート、 15 ... ボア寸法、 16 ... 冷媒容器、 17 ... 第 1 の輻射シールド、 18 ... 第 2 の輻射シールド、 19 ... 真空容器、 20 ... 永久電流スイッチ、 21 ... 冷媒、 22 ... 設置ピッチ、 23 ... 磁石間隔、 24 ... 設置スペース、 25 a , 25 b ... クライオスタット、 26 a , 26 b ... 超電導コイル、 27 ... サポート、 28 a , 28 b ... 電流リード、 29 a , 29 b ... 小型ヘリウム冷凍機、 30 a , 30 b ... サービスポート、 31 ... 間隔、 32 a , 32 b ... 貫通孔、 33 ... 融解液面、 34 ... 間隔。

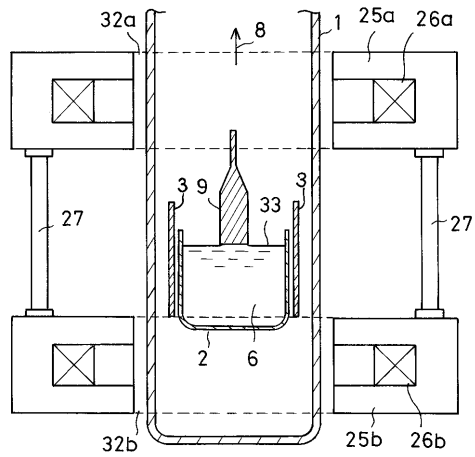
【 図 1 】



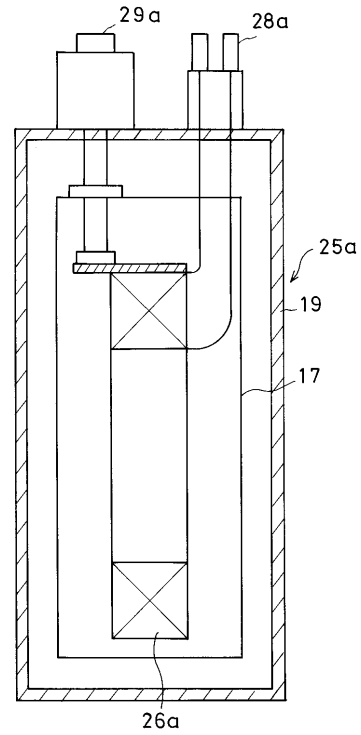
【 図 2 】



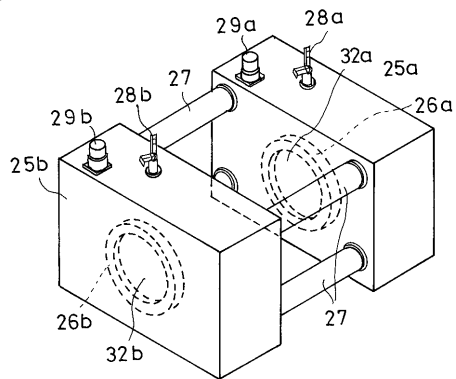
【図 3】



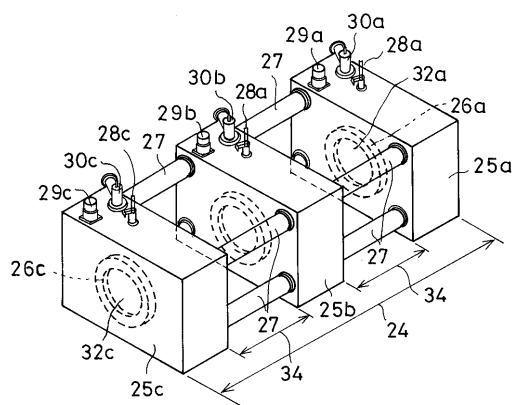
【図 5】



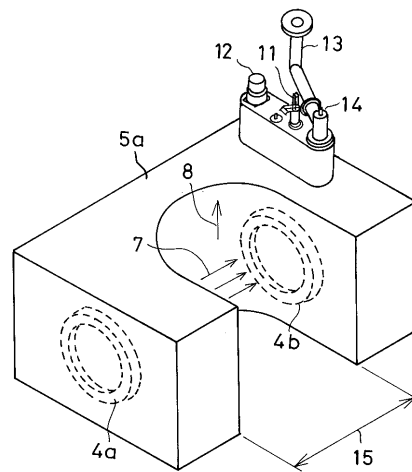
【図 4】



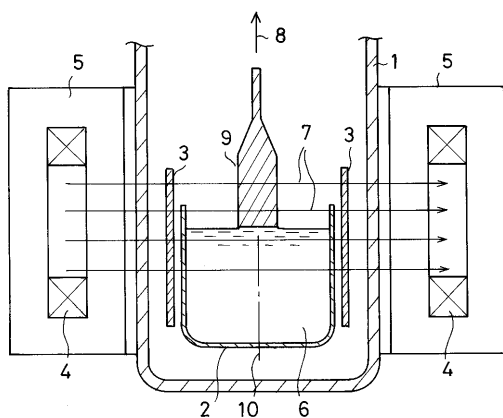
【図 6】



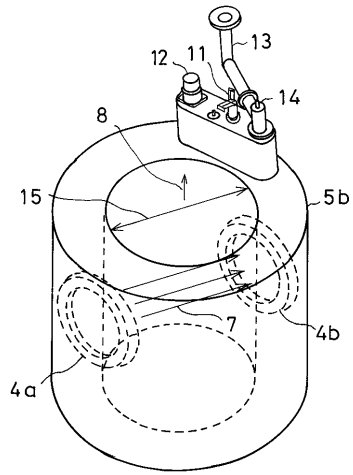
【図 8】



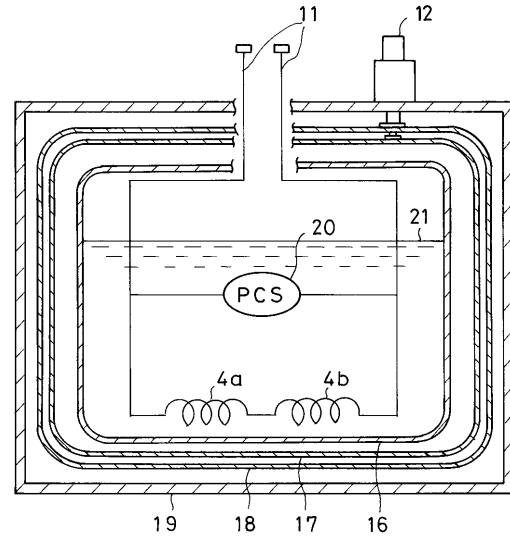
【図 7】



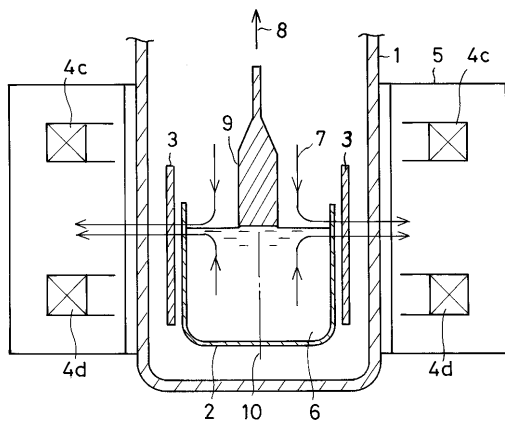
【図 9】



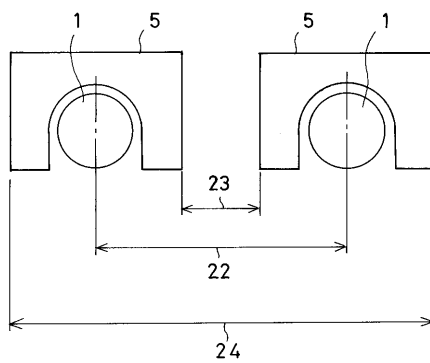
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開昭60-051690(JP,A)
特開昭61-222984(JP,A)
特開平08-333190(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

C30B1/00-35/00

H01F6/00

H01L7/22

EUROPAT(QUESTEL)