

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-6687

(P2010-6687A)

(43) 公開日 平成22年1月14日 (2010.1.14)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)		
C30B	15/00	(2006.01)	C30B	15/00	Z	4G077
H01F	6/04	(2006.01)	H01F	7/22	ZAAG	
H01F	6/00	(2006.01)	H01F	7/22	F	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-100618 (P2009-100618)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成21年4月17日 (2009.4.17)		株式会社東芝
(31) 優先権主張番号	特願2008-136515 (P2008-136515)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(32) 優先日	平成20年5月26日 (2008.5.26)	(71) 出願人	395009938
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東芝アイテック株式会社
			神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目四番地
		(74) 代理人	100078765
			弁理士 波多野 久
		(74) 代理人	100078802
			弁理士 関口 俊三
		(74) 代理人	100077757
			弁理士 猿渡 章雄
		(74) 代理人	100130731
			弁理士 河村 修

最終頁に続く

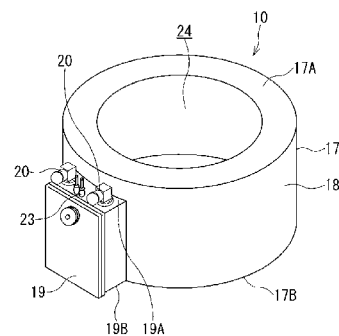
(54) 【発明の名称】 単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置

(57) 【要約】

【課題】 引上げ装置との干渉を抑制でき、装置上における作業性及び作業安全性を向上できると共に、印加する磁場の調整代を良好に確保できること。

【解決手段】 単結晶材料を熔融させる坩堝が内蔵された引上げ炉の外側に配置され、熔融した単結晶材料に磁場を印加する単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置 10 において、超電導コイルを内包するクライオスタット 17 と、このクライオスタット 17 の外側周面 18 に設置され、超電導コイルを冷却する極低温冷凍機 20 を備えた冷凍機ポート 19 とを有し、クライオスタット外側面の領域における超伝導コイルにより発生する磁場の強度の弱い領域に極低温冷凍機 20 が設けられていることを特徴とするものである。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

単結晶材料を溶融させる坩堝が内蔵された引上げ炉の外側に配置され、溶融した前記単結晶材料に磁場を印加する単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置において、

超電導コイルを内包するクライオスタットと、

前記クライオスタットの外側面に設置され、前記超電導コイルを冷却する極低温冷凍機を備えた冷凍機ポートとを有し、

前記クライオスタット外側面の領域における前記超伝導コイルにより発生する磁場の強度の弱い領域に前記極低温冷凍機が設けられていることを特徴とする単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

10

【請求項 2】

前記冷凍機ポート及び前記極低温冷凍機は、クライオスタット外側面の上端面と下端面の範囲内に設置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

【請求項 3】

前記極低温冷凍機の駆動モータは、前記クライオスタット内の前記超電導コイルが発生する磁場によって変調をきたすことのない磁場領域に設置されることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

【請求項 4】

前記冷凍機ポートは、クライオスタットの外側面における複数の箇所に設置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

20

【請求項 5】

前記冷凍機ポートは、クライオスタットの外側面に連続して設置されたことを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

【請求項 6】

前記クライオスタットは、円筒形状の円筒型クライオスタット、または直方体形状のスプリット型クライオスタットであることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

【請求項 7】

前記クライオスタット内の超電導コイルは、伝熱板を介して極低温冷凍機により極低温に冷却され、または、前記クライオスタット内の冷媒容器に充填された液体ヘリウムに浸漬されて前記極低温冷凍機により極低温に冷却されることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

30

【請求項 8】

前記超電導コイルは、一对の鞍形超電導コイル、または一对若しくは複数対の円形超電導コイルであることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

40

本発明は、単結晶（例えば半導体単結晶）を製造する単結晶引上げ装置に用いられる単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

単結晶引上げ装置には、単結晶材料（特に半導体単結晶材料）を溶融させる坩堝が引上げ炉に内蔵され、この引上げ炉の外側に超電導マグネット装置が配置され、この超電導マグネット装置により、坩堝内で溶融した単結晶材料に磁場を印加して、溶融した単結晶材料の対流を防止する、MCZ（磁界印加型チョクラルスキー）法を用いた単結晶引上げ装置が知られている。

【0003】

50

このMCZ法を用いたシリコン単結晶の製造では、磁場印加用の超電導マグネット装置は、引上げ装置との機械的干渉を避けるために、形状や大きさに制限を受ける場合が多い。特に、超電導マグネット装置の上端面は、引上げ装置本体（例えば引上げ機）との取合いが比較的厳しく、またこの上端面上で作業する作業者の作業性・安全性を考慮すると、冷凍機や電流導入端子のような突起物の配置には注意が必要となる。

【0004】

図13に示す特許文献1に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置100では、円筒型クライオスタット101上に存在する極低温冷凍機102や電流導入端子103等が冷凍機ポート104にまとめて配置されて、引上げ装置本体との干渉が回避されている。

10

【0005】

また、図14に示す特許文献2に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置110では、極低温冷凍機102や電流導入端子103が円筒型クライオスタット101の下端面112に取り付けられることで、クライオスタット101の上端面111が完全にフラットに設けられている。特許文献3にも、特許文献2に記載と同種の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2004-51475号公報

20

【特許文献2】特開2000-114028号公報

【特許文献3】特開平11-199366号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上述の特許文献2に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置110は、特許文献1に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置100に比べ、クライオスタット101の上端面111における引上げ装置本体との干渉、並びに作業者による作業性及び作業安全性の面において優れている。

【0008】

30

しかしながら、極低温冷凍機102は定期的なメンテナンスを必要とし、設置面から垂直方向に800mm以上のメンテナンススペースを、冷凍機引抜のために確保する必要がある。このため、極低温冷凍機102をクライオスタット101の下端面112から挿入する特許文献2に記載の超電導マグネット装置110では、この下端面112にメンテナンススペース確保ための脚部113が設置されており、この結果、超電導マグネット装置110の全高さ寸法が高くなってしまふ。一般に、円筒型の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置では、単結晶引上げ装置に据付後、上下方向に昇降させることで、印加する磁場の調整が行なわれるため、装置の全高さ寸法が高いと磁場の調整代が小さくなってしまふ。

【0009】

40

本発明の目的は、上述の事情を考慮してなされたものであり、引上げ装置との干渉を抑制でき、装置上における作業性及び作業安全性を向上できると共に、印加する磁場の調整代を良好に確保できる単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、単結晶材料を溶融させる坩堝が内蔵された引上げ炉の外側に配置され、溶融した前記単結晶材料に磁場を印加する単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置において、超電導コイルを内包するクライオスタットと、このクライオスタットの外側面に設置され、前記超電導コイルを冷却する極低温冷凍機を備えた冷凍機ポートと、を有することを特徴とするものである。

50

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、極低温冷凍機を備えた冷凍機ポートがクライオスタットの外側面に設置されたので、クライオスタットの上端面がフラットになり、このため引上げ装置との干渉を抑制でき、更に装置上における作業性及び作業安全性を向上させることができる。また、クライオスタットの下端面に脚部等の突起物が存在せず、従って装置の全高さ寸法を低く設定できるので、装置を昇降させることで印加する磁場を調整する磁場の調整代を良好に確保できる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第1の実施の形態を、単結晶引上げ装置の一部と共に示す側断面図。

【図2】図1の超電導マグネット装置を示す斜視図。

【図3】図2の超電導マグネット装置において、超電導コイルを実線で示す平面図。

【図4】図3の超電導マグネット装置を示す側面図。

【図5】図3及び図4に示す極低温冷凍機を示す側面図。

【図6】図5の第2シリンダ及び第2ディスプレイサを示す断面図。

【図7】図2の超電導マグネット装置において、超電導コイルの他の例を実線で示す平面図。

【図8】図7の超電導マグネット装置を示す側面図。

【図9】図2の超電導マグネット装置において、超電導コイルの更に他の例を実線で示す平面図。

【図10】図9の超電導マグネット装置を示す側面図。

【図11】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第2の実施の形態を示す斜視図。

【図12】本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第4の実施の形態を示す斜視図。

【図13】従来の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置を示す斜視図。

【図14】従来の他の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置を示す斜視図。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明を実施するための最良の形態を、図面に基づき説明する。

【0014】

[A] 第1実施の形態(図1～図10)

図1は、本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第1の実施の形態を、単結晶引上げ装置の一部と共に示す側断面図である。図2は、図1の超電導マグネット装置を示す斜視図である。図3は、図2の超電導マグネット装置において、超電導コイルを実線で示す平面図である。

【0015】

図1に示す超電導マグネット装置10を備えた単結晶引上げ装置11は、半導体の単結晶材料1を溶融させる坩堝12が内蔵された引上げ炉13の外側に超電導マグネット装置10が配置されて、坩堝12内で溶融した単結晶材料1に一方向の横磁場(図1に磁力線2で表示)を印加して、溶融した単結晶材料1の坩堝12内での対流を防止するものであり、いわゆるMCZ法(磁界印加型チョクラルスキー法)が適用されたものである。

【0016】

つまり、この単結晶引上げ装置11は、上方が開口した引上げ炉13に坩堝12が内蔵され、この引上げ炉13と坩堝12との間に、坩堝12内の単結晶材料1を加熱溶融するためのヒータ14が配置されている。引上げ炉13の外側に、一対の超電導コイル15(図3)を備えた超電導マグネット装置10が配置される。また、引上げ炉13の上方には、図示しないが、坩堝12の中心線Oに沿って単結晶材料3(後述)を引き上げるための引

10

20

30

40

50

上げ機が設けられている。

【0017】

単結晶体3の製造に際しては、まず、坩堝12内に単結晶材料1を投入し、ヒータ14により加熱して溶融させる。この溶融した単結晶材料1中に、図示しない種結晶を、例えば坩堝12の中央部上方から下降して挿入し、この種結晶を前記引上げ機により所定速度で引上げ方向 α の方向に引き上げていく。これにより、固体・液体境界層に結晶が成長し、単結晶体3が生成される。

【0018】

この際、ヒータ14の加熱によって誘起される、溶融した単結晶材料1の坩堝12内での対流を防止するために、超電導マグネット装置10の超電導コイル15へ通電がなされる。坩堝12内の溶融した単結晶材料1は、超電導コイル15が発生する横磁場（図1に磁力線2で表示）によって動作抑止力を受け、坩堝12内で対流することなく、種結晶の引上げに伴ってゆっくりと引き上げられ、固体の単結晶体3として製造される。

【0019】

超電導マグネット装置10は、図2～図4に示すように、超電導コイル15及び輻射シールド16を内包するクライオスタット17と、このクライオスタット17の外側周面18に設置され、極低温冷凍機20、電流導入端子23及びバルブ（不図示）等を備える単一の冷凍機ポート19と、を有して構成される。

【0020】

クライオスタット17は、円筒形状の円筒型クライオスタットであり、断熱のために内部が真空に保持される。輻射シールド16は、クライオスタット17内で超電導コイル15を覆い、クライオスタット17外側からの超電導コイル15への熱輻射を遮る。超電導コイル15は、クライオスタット17のボア部24を介して対向して配置された鞍形状の一对のコイルであり、クライオスタット17のボア部24内に同一方向の横磁場（図3に磁力線2で表示）を生成する。このクライオスタット17のボア部24内に、前記引上げ炉13及び坩堝12が配置される。

【0021】

ここで、クライオスタット17に内包される超電導コイルは、超電導コイル15の如く鞍形状のコイルに限らず、図7及び図8に示すように、クライオスタット17のボア部24を介して対向配置された一对の円形状の超電導コイル27であってもよい。更に、クライオスタット17内の超電導コイルは、図9及び図10に示すように、クライオスタット17のボア部24を介してそれぞれ対向配置された複数対（例えば2対）の超電導コイル28A、28Bであってもよい。これら一对の超電導コイル27、複数対の超電導コイル28A、28Bによっても、クライオスタット17のボア部24内に同一方向の横磁場（図7、図9に磁力線2で表示）が生成される。

【0022】

極低温冷凍機20は、図4に示すように、第1冷却ステージ21が、伝熱板25介して輻射シールド16に接続され、この輻射シールド16を例えば40Kの極低温に冷却し、第2冷却ステージ22が、伝熱板26を介して超電導コイル15、27、28境界X、28Bに接続され、これらの超電導コイル15、27、28A、28Bを例えば4Kの極低温に冷却する。この極低温冷凍機20は、冷凍機ポート19に1個または複数個設置される。また、電流導入端子23は、超電導コイル15、27、28A、28Bへ電流を供給する、いわゆる電流リードである。

【0023】

この極低温冷凍機20は、図4及び図5に示すように、第1冷却ステージ21の下方に第2冷却ステージ22が配置され、最上部に駆動モータ33が設置された一般的なタイプの冷凍機である。このタイプの極低温冷凍機20では、図5及び図6に示すように、下端に第1冷却ステージ21が設けられた第1シリンダ34内に第1ディスプレイサ（第1蓄冷器）35が、下端に第2冷却ステージ22が設置された第2シリンダ36内に第2ディスプレイサ（第2蓄冷器）37が、シリンダの長手方向（この場合はそれぞれ鉛直方向）

10

20

30

40

50

に往復移動可能に收容される。そして、これらの第 1 ディスプレーサ 3 5 及び第 2 ディスプレーサ 3 7 の往復移動により、第 1 シリンダ 3 4 の下端と第 1 ディスプレーサ 3 5 との間、第 2 シリンダ 3 6 の下端と第 2 ディスプレーサ 3 7 との間にそれぞれ導入された作動流体（例えば H e ガス等）が断熱膨張して所定の冷凍能力を得る。

【 0 0 2 4 】

図 4 に示すように、前記冷凍機ポート 1 9 は、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A と下端面 1 7 B との範囲内において、クライオスタット 1 7 の外側周面 1 8 に設置される。更に、この冷凍機ポート 1 9 に搭載される極低温冷凍機 2 0、電流導入端子 2 3 及びバルブ等は、上述のクライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A と下端面 1 7 B との範囲内に設置される。つまり、極低温冷凍機 2 0、電流導入端子 2 3 及びバルブ等は、冷凍機ポート 1 9 の上端面 1 9 A 側または下端面 1 9 B 側から冷凍機ポート 1 9 に差し込まれて配置されるが、このとき上端面 1 9 A または下端面 1 9 B からの露出部分が、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A と下端面 1 7 B との範囲内に設置される。これにより、冷凍機ポート 1 9 と、極低温冷凍機 2 0、電流導入端子 2 3 及びバルブ等の露出部分とが、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A 及び下端面 1 7 B から突出することが防止される。

【 0 0 2 5 】

更に、冷凍機ポート 1 9 は、図 3 に示すように、超電導コイル 1 5、2 7、2 8 A、2 8 B が発生する磁場によって極低温冷凍機 2 0 の駆動モータ 3 3（図 5）が変調をきたすことのない磁場領域に設置される。つまり、図 3、図 7、図 9 には、磁界の強さが 4 0 ~ 5 0 m T（ミリテスラ）の境界を符号 X で示す。冷凍機ポート 1 9、特に冷凍機ポート 1 9 に搭載される極低温冷凍機 2 0 は、磁界の強さが 4 0 ~ 5 0 m T 以下の磁場領域 W（境界 X よりも外側の領域）に配置されることで、極低温冷凍機 2 0 の駆動モータ 3 3 に変調（停止を含む）が生ずることが回避される。

【 0 0 2 6 】

このように、クライオスタット 1 7 の外側面の領域における超伝導コイル 1 5 により発生する磁場の強度の弱い領域に、極低温冷凍機 2 0 が設けられている。すなわち、クライオスタット 1 7 内の超電導コイル 1 5 が発生する磁場の強度は、極低温冷凍機 2 0 が設けられたクライオスタット 1 7 の外側面の領域が、クライオスタット 1 7 の外側面の他の領域の磁場の強度よりも弱い。

【 0 0 2 7 】

ここで、図 3、図 7 及び図 9 に示す磁界の強さが 4 0 ~ 5 0 m T の境界 X は、図 4、図 8、図 1 0 に示す超電導マグネット装置 1 0 における軸方向（鉛直方向）中央位置の中央平面 2 9 A での磁界の強さである。また、超電導マグネット装置 1 0 における中央平面 2 9 A と、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A、下端面 1 7 B との間の平面 2 9 B、2 9 C において、前記境界 X と同等な磁界の強さの境界を、図 3、図 7、図 9 に符号 Y で示す。更に、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A、下端面 1 7 B のそれぞれを含む平面 2 9 D、2 9 E において、上記境界 X と同等な磁界の強さの境界を、図 3、図 7、図 9 に符号 Z で示す。

【 0 0 2 8 】

このように、超電導マグネット装置 1 0 では、同等な磁界の強さ（例えば 4 0 ~ 5 0 m T）は、鉛直方向の各平面において相似な形状であり、超電導マグネット装置 1 0 の軸方向（鉛直方向）において中央平面 2 9 A から離れるに従って小さくなる。極低温冷凍機 2 0 は、磁界の強さが 4 0 ~ 5 0 m T のうちで最も大きい境界 X の外側（磁場領域 W）に設置されており、4 0 ~ 5 0 m T 以上の強さの磁界に晒さらされることがない。

【 0 0 2 9 】

従って、本実施の形態によれば、次の効果（1）～（3）を奏する。

【 0 0 3 0 】

（1）極低温冷凍機 2 0、電流導入端子 2 3 及びバルブ等を備えた冷凍機ポート 1 9 が、クライオスタット 1 7 の上端面 1 7 A と下端面 1 7 B との範囲内において、クライオスタット 1 7 の外側周面 1 8 に設置され、しかも、極低温冷凍機 2 0、電流導入端子 2 3 及

びバルブ等が、クライオスタット 17 の上端面 17 A と下端面 17 B との範囲内において冷凍機ポート 19 に搭載されている。このため、冷凍機ポート 19 と、極低温冷凍機 20、電流導入端子 23 及びバルブ等の露出部分とが、クライオスタット 17 の上端面 17 A から突出することが防止されるので、クライオスタット 17 の上端面 17 A をフラットに構成できる。従って、単結晶引上げ装置 11 の特に引上げ機と超電導マグネット装置 10 とが干渉することを抑制でき、更に、クライオスタット 17 の上端面 17 A 上で作業する作業員の作業性及び作業安全性を向上させることができる。

【0031】

(2) 極低温冷凍機 20、電流導入端子 23 及びバルブなどの露出部分がクライオスタット 17 の下端面 17 B よりも下方へ突出せず、しかもこの下端面 17 B に脚部等の突出物も存在しないので、超電導マグネット装置 10 の全高さ寸法を低く設定できる。この結果、超電導マグネット装置 10 を昇降させることで、この超電導マグネット装置 10 が印加する磁場を調整する磁場の調整代を良好に確保できる。

【0032】

(3) 極低温冷凍機 20 は、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 が第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 内でそれぞれ鉛直方向に往復移動するタイプであり、重力の作用で、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 がそれぞれ第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 内に鉛直配置されるので、これらが擦れ合って摩擦熱が発生することがない。更に、この極低温冷凍機 20 では、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 の上部にそれぞれ設置されたシール部 38、39 が第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 のそれぞれの内周面に片当りすることがないので、シール性が良好に維持される。これらの結果、この極低温冷凍機 20 では、冷凍能力を好適に確保できると共に、前記摩擦等による駆動モータ 33 の負荷蓄積や、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37、シール部 38、39 の損傷を防止できるため、極低温冷凍機 20 の運転寿命及び信頼性を向上させることができる。

【0033】

また、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 は、運転状態において軸方向（鉛直方向）における上端が高温端となり、下端が低温端となる温度勾配を有する。また、第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 内に導入された作動流体（He ガス等）は、温度による密度差によって、上方が高温、下方が低温の如く、鉛直方向に温度勾配を有する。縦置きタイプの極低温冷凍機 20 では、上述の第 1 ディスプレーサ 35 及び第 2 ディスプレーサ 37 の温度勾配の方向と、作動流体の温度勾配の方向とが一致するので、熱交換効率が良好に維持されて、極低温冷凍機 20 の冷凍能力を好適に確保できる。

【0034】

更に、極低温冷凍機 20 は、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 が第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 内でそれぞれ鉛直方向に往復移動するタイプであるため、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 を交換するメンテナンス時には、重力の作用で、これらの第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37 を第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 36 内にそれぞれ同心円状に高精度に挿入することができる。このため、このメンテナンス作業の作業性を向上できると共に、第 1 ディスプレーサ 35、第 2 ディスプレーサ 37、第 1 シリンダ 34、第 2 シリンダ 35 の衝突による損傷を防止できる。

【0035】

[B] 第 2 の実施の形態（図 11）

図 11 は、本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第 2 の実施の形態を示す斜視図である。この第 2 の実施の形態において、前記第 1 の実施の形態と同様な部分については、同一の符号を付すことにより説明を簡略化し、または省略する。

【0036】

本実施の形態の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置 30 が前記第 1 の実施の形態の超電導マグネット装置 10 と異なる点は、複数の冷凍機ポート 31 がクライオスタット

10

20

30

40

50

１７の外側周面１８に分散して配置され、各冷凍機ポート３１に１個または複数個（本実施の形態では１個）の極低温冷凍機２０が搭載された点である。

【００３７】

従って、本実施の形態においても、前記第１実施の形態の効果（１）～（３）と同様な効果を奏する他、次の効果（４）を奏する。

【００３８】

（４）極低温冷凍機２０を搭載する冷凍機ポート３１がクライオスタット１７の外側周面１８の複数箇所に分散配置されたことで、極低温冷凍機２０の１台当たりの最長伝熱距離を例えば半分に低減できる。この結果、極低温冷凍機２０と超電導コイル１５、２７、２８Ａ、２８Ｂとの最大温度差も例えば約半分に低減できるので、クライオスタット１７内の超電導コイル１５、２７、２８Ａ、２８Ｂをより一層均一に冷却することができる。

【００３９】

[Ｃ]第３の実施の形態

この第３の実施の形態において、前記第１及び第２の実施の形態と同様な部分については、同一の符号を用いることにより説明を簡略化し、または省略する。

【００４０】

本実施の形態における単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置が前記第１及び第２の実施の形態の超電導マグネット装置１０及び３０と異なる点は、極低温冷凍機２０を複数搭載する冷凍機ポートが、クライオスタット１７の外側周面１８に連続して円環形状に設置された点である。

【００４１】

従って、本実施の形態においても、前記第１及び第２の実施の形態の効果（１）～（４）と同様な効果を奏する他、次の効果（５）を奏する。

【００４２】

（５）冷凍機ポートがクライオスタット１７の外側周面１８に連続して円環形状に設置されたことから、極低温冷凍機２０の個数が多い場合にも、冷凍機ポートを多数設置する必要がない。このため、超電導マグネット装置の製作を容易化できると共に、材料費も削減できるので、超電導マグネット装置の製作コストを低減できる。

【００４３】

[Ｄ]第４の実施の形態（図１２）

図１２は、本発明に係る単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置の第４の実施の形態を示す斜視図である。この第４の実施の形態において、前記第１の実施の形態と同様な部分については、同一の符号を付すことにより説明を簡略化し、または省略する。

【００４４】

本実施の形態の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置４０が前記第１の実施の形態の超電導マグネット装置１０と異なる点は、極低温冷凍機２０、電流導入端子２３及びバルブ等を搭載した冷凍機ポート１９が、直方体形状のスプリット型のクライオスタット４１の外側面４２に設置された点である。

【００４５】

つまり、スプリット型のクライオスタット４１は、複数個が対向して配置され、それぞれの間隔が調整可能にサポート部材４３により連結されている。各クライオスタット４１内に超電導コイル２７及び輻射シールド１６が内包される。これらの超電導コイル２７および輻射シールド１６が極低温冷凍機２０により極低温に冷却される。また、これらのクライオスタット４１間に、超電導コイル２７によって一方向の横磁場が生成される。この横磁場が、クライオスタット４１間に配置された単結晶引上げ装置１１の引上げ炉１３及び坩堝１２に印加される。

【００４６】

そして、各クライオスタット４１の外側面４２に冷凍機ポート１９が、クライオスタット４１の上端面４１Ａと下端面４１Ｂとの範囲内となるように設置される。更に、極低温冷凍機２０、電流導入端子２３及びバルブ等は、それらの露出部分が、クライオスタット

４１の上端面４１Ａと下端面４１Ｂとの範囲内となるように冷凍機ポート１９に設置される。更に、冷凍機ポート１９は、クライオスタット４１内の超電導コイル２７が発生する磁場によって、極低温冷凍機２０の駆動モータが変調をきたすことがない磁場領域に設置される。

【００４７】

従って、本実施の形態においても、前記第１の実施の形態の効果（１）～（３）と同様な効果を奏する。

【００４８】

以上、本発明を上記実施の形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、上述の各実施の形態においては、クライオスタット１７、４１内の超電導コイル１５、２７、２８は、伝熱板２６を介して極低温冷凍機２０により極低温に冷却される伝導冷却方式の場合を述べたが、クライオスタット１７、４１内の冷媒容器に充填された液体ヘリウムに浸漬されて、極低温冷凍機２０により極低温に冷却される浸漬冷却方式であってもよい。

10

【符号の説明】

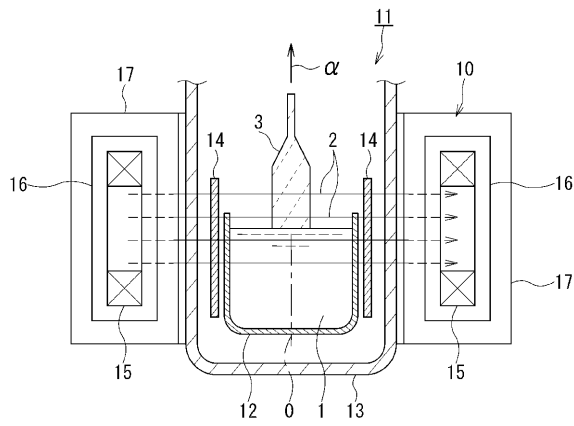
【００４９】

- １ 単結晶材料
- １０ 超電導マグネット装置
- １１ 単結晶引上げ装置
- １２ 坩堝
- １３ 引上げ炉
- １５ 超電導コイル
- １７ クライオスタット
- １７Ａ 上端面
- １７Ｂ 下端面
- １８ 外側周面（外側面）
- １９ 冷凍機ポート
- ２０ 極低温冷凍機
- ２３ 電流導入端子
- ２６ 伝熱板
- ３０ 超電導マグネット装置
- ３１ 冷凍機ポート
- ４０ 超電導マグネット装置
- ４１ クライオスタット
- ４１Ａ 上端面
- ４１Ｂ 下端面
- Ｗ 磁場領域

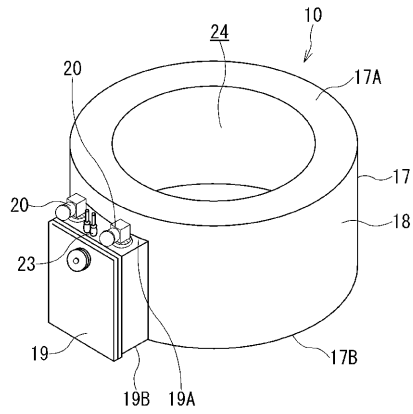
20

30

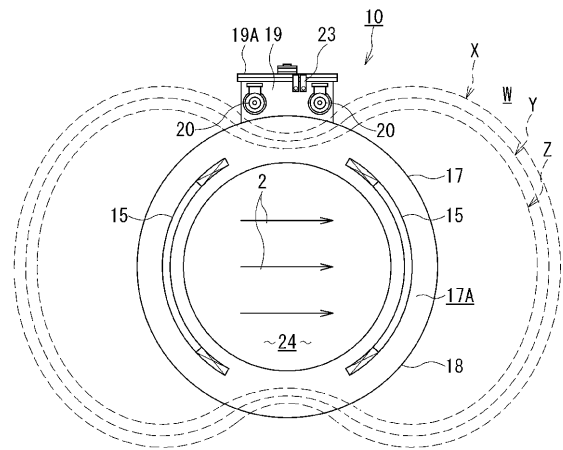
【図 1】



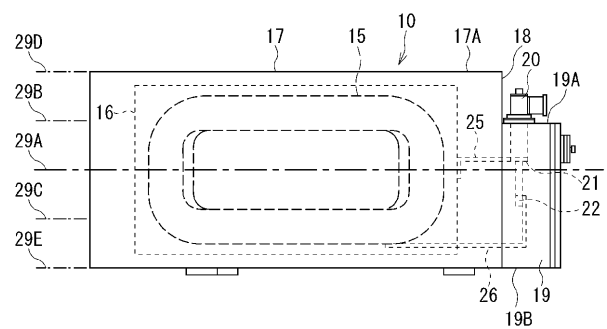
【図 2】



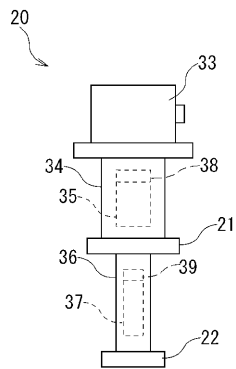
【図 3】



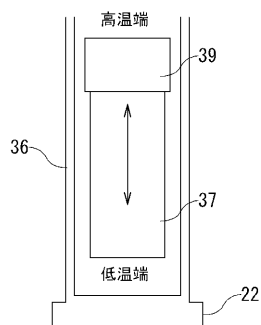
【図 4】



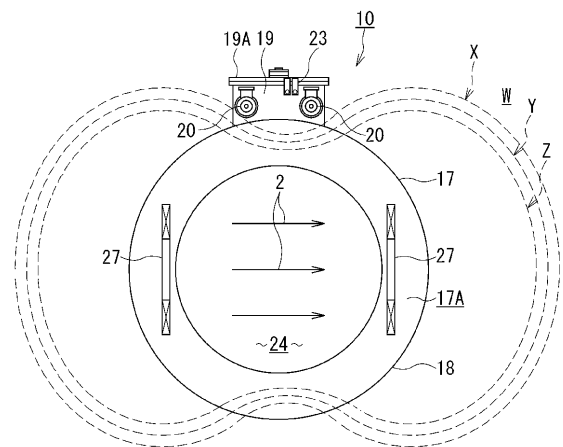
【図 5】



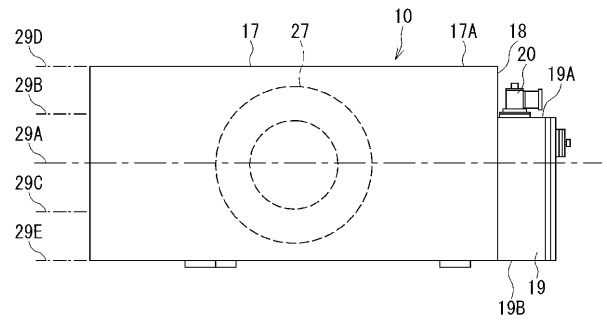
【図 6】



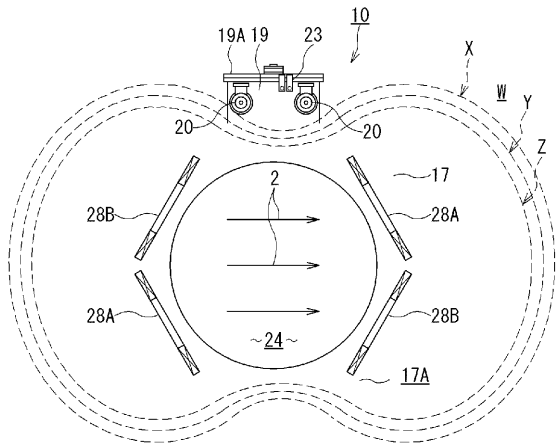
【図 7】



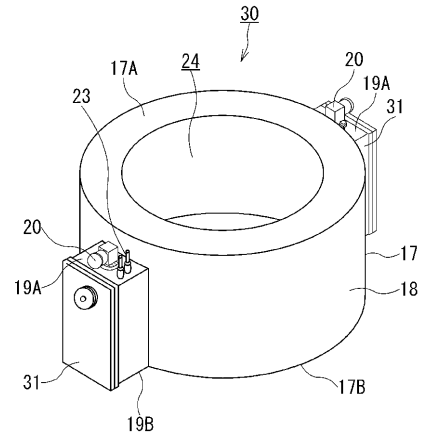
【図 8】



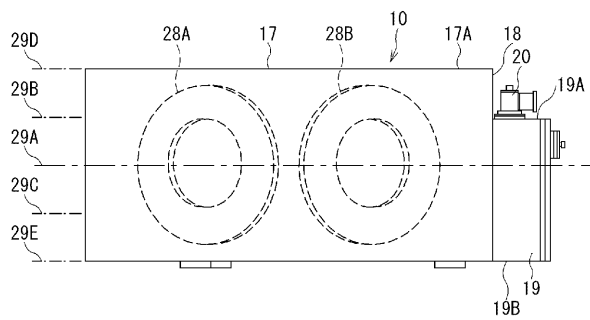
【図 9】



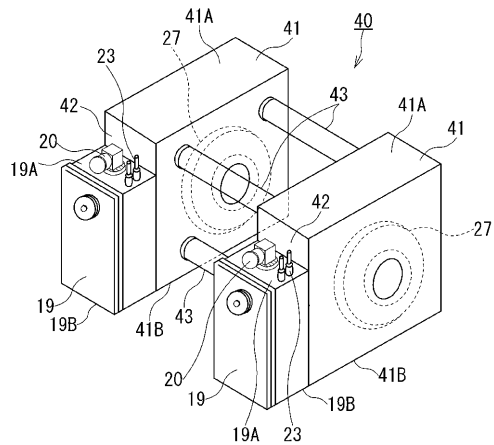
【図 11】



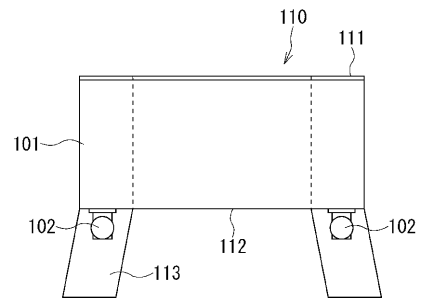
【図 10】



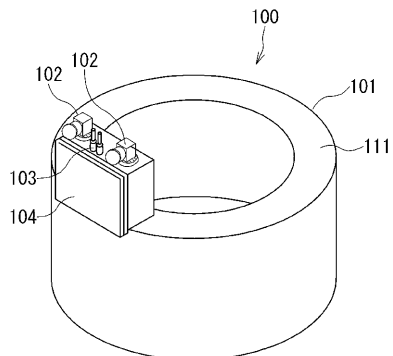
【図 12】



【図 14】



【図 13】



フロントページの続き

- (74)代理人 100136504
弁理士 山田 毅彦
- (72)発明者 高見 正平
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 下之園 勉
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 太田 智子
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 峯元 祐二
神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地 東芝アイテック株式会社内
- (72)発明者 長本 義史
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 牛嶋 誠
神奈川県横浜市鶴見区末広町二丁目4番地 東芝アイテック株式会社内
- Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 CF10 EJ02 PA16 RA03