

(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12月3日(03.12.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/145149 A1

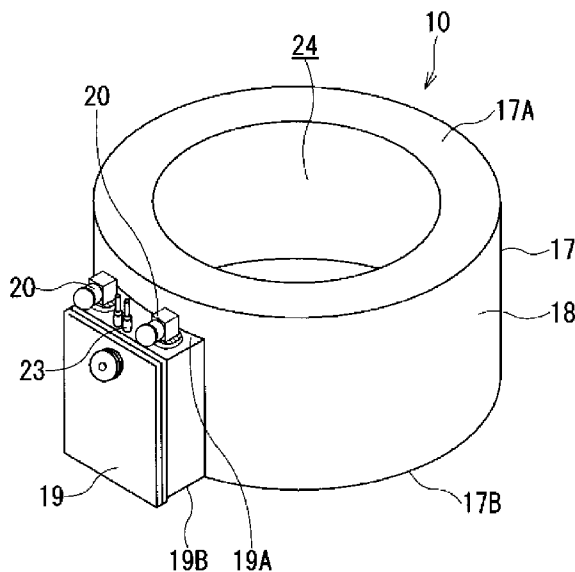
- (51) 国際特許分類:
C30B 15/00 (2006.01) H01L 39/04 (2006.01)
H01F 6/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/059539
- (22) 国際出願日: 2009年5月25日(25.05.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-136515 2008年5月26日(26.05.2008) JP
特願 2009-100618 2009年4月17日(17.04.2009) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目1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): 高見 正平 (TAKAMI, Shohei). 下之園 勉 (SHIMONOSONO, Tsutomu). 太田 智子 (OTA, Tomoko). 峯元 祐二 (MINEMOTO, Yuuji). 長本 義史 (NAGAMOTO, Yoshifumi). 牛嶋 誠 (USHIJIMA, Makoto).
- (74) 代理人: 波多野 久, 外 (HATANO, Hisashi et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目17番16号 宮田ビル2階東京国際特許事務所 Tokyo (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, 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, 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.
- (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, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: SUPERCONDUCTING MAGNET DEVICE FOR SINGLE CRYSTAL PULLER

(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

[図2]



(57) Abstract: A superconducting magnet device for a single crystal puller, which is disposed outside a pulling furnace containing a crucible for melting a single crystal material therein and applies a magnetic field to the melted single crystal material, comprises a cryostat containing a superconducting coil therein, and a refrigerator port installed on the outer peripheral surface of the cryostat and provided with a cryogenic refrigerator for cooling the superconducting coil. The cryogenic refrigerator is provided in a region of the outer surface region of the cryostat, in which the intensity of the magnetic field generated by the superconducting coil is weak.

(57) 要約: 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周面に設置され、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、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が設けられている。

凍機を備えた冷凍機ポートとを有し、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が設けられている。

WO 2009/145149 A1

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：単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置

技術分野

[0001] 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スキー）法を用いた単結晶引上げ装置が知られている。

[0003] 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（特開2004-51475号公報）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。

[0005] また、図14に示す特許文献2（特開2000-114028号公報）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（特開平11-199366号公

報)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。

[0006] 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。

[0007] 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。

[0008] 発明の開示

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。

[0009] 上述の目的を達成するために提供される本発明は、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であつて、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た冷凍機ポートと、前記冷凍機ポートに設けられた超電導コイルを冷却する極低温冷凍機とを有し、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。

- [0010] 上記発明の好適な実施例においては、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上端面と下端面の範囲内に設置されることが望ましい。
- [0011] また、前記極低温冷凍機は駆動モータを含み、前記駆動モータは、前記クライオスタット内の前記超伝導コイルが発生する磁場によって変調をきたさない磁場領域に設置されることが望ましい。
- [0012] 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しても良い。この際、前記冷凍機ポートは、クライオスタットの外側に連続して設置することも出来る。
- [0013] 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が望ましい。
- [0014] 前記クライオスタット内の超伝導コイルは、伝熱板を介して極低温冷凍機により極低温に冷却するか、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しても良い。
- [0015] 前記クライオスタット内の超伝導コイルは、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が望ましい。
- [0016] 前記超伝導コイルは、一对の鞍形超伝導コイルまたは、一对若しくは複数対の円形超伝導コイルとしても良い。
- [0017] 上述の特徴を有する本発明によれば、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。

[0018] 本発明の性質及び更なる特徴は以下に添付図面を参照して説明する記載から更に明確に成るであろう。

図面の簡単な説明

[0019] [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

[0020] 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。尚、いかに記載において、上下、左右等の方向、位置を示す記載は、添付図面の記載に基づくか、実際の取り付け状態に基づき記載である。

[0021] [第1実施の形態（図1～図10）]

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を熔融させる坩堝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内で熔融した単結晶材料1に一方向の横磁場（図1に磁力線2で表示）を印加して、熔融した単結晶材料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。

[0022] 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を加熱熔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、一对の超電導コイル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3（後述）を引き上げるための引上げ機が設けられている。

[0023] 単結晶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により加熱して熔融させる。この熔融した単結晶材料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3が生成される。

[0024] この際、ヒータ14の加熱によって誘起される、熔融した単結晶材料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内の熔融した単結晶材料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3として製造される。

[0025] 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。

[0026] 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。

[0027] 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 28 A、28 B 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 28 A、28 B 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。

[0028] 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 を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 40 K 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、28 B に接続され、これらの超電導コイル 15、27、28 A、28 B を例えば 4 K 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（図 2 においては複数個（2 個））。また、電流導入端子 23 は、超電導コイル 15、27、28 A、28 B へ電流を供給する、いわゆる電流リードである。

[0029] 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 ディスプレーサ（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 ディスプレーサ（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）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 35 及び第 2 ディスプレーサ 37 の往復移動により、第 1 シリンダ 34 の下端と第 1 ディスプレーサ 35 との間、第 2 シリンダ 36 の下端と第 2 ディスプレーサ 37 との間にそれぞれ導入された作動流体（例えば He ガス等）が断熱膨張して所定の冷凍能力を得る。

[0030] 図 4 に示すように、前記冷凍機ポート 19 は、クライオスタット 17 の上端面 17A と下端面 17B との範囲内において、クライオスタット 17 の外側周面 18 に設置される。更に、この冷凍機ポート 19 に搭載される極低温冷凍機 20、電流導入端子 23 及びバルブ等は、上述のクライオスタット 17 の上端面 17A と下端面 17B との範囲内に設置される。つまり、極低温冷凍機 20、電流導入端子 23 及びバルブ等は、冷凍機ポート 19 の上端面 19A 側または下端面 19B 側から冷凍機ポート 19 に差し込まれて配置されるが、このとき上端面 19A または下端面 19B からの露出部分が、クライオスタット 17 の上端面 17A と下端面 17B との範囲内に設置される。これにより、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 17A 及び下端面 17B から突出することが防止される。

[0031] 更に、冷凍機ポート 19 は、図 3 に示すように、超電導コイル 15、27、28A、28B が発生する磁場によって極低温冷凍機 20 の駆動モータ 33（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 40～50 mT（ミリテスラ）の境界を符

号Xで示す。冷凍機ポート19、特に冷凍機ポート19に搭載される極低温冷凍機20は、磁界の強さが40～50mT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20の駆動モータ33に変調（停止を含む）が生ずることが回避される。

[0032] このように、クライオスタット17の外側面の領域における超伝導コイル15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。すなわち、クライオスタット17内の超伝導コイル15が発生する磁場の強度は、極低温冷凍機20が設けられたクライオスタット17の外側面の領域が、クライオスタット17の外側面の他の領域の磁場の強度よりも弱い。

[0033] ここで、図3、図7及び図9に示す磁界の強さが40～50mTの境界Xは、図4、図8、図10に示す超伝導マグネット装置10における軸方向（鉛直方向）中央位置の中央平面29Aでの磁界の強さである。また、超伝導マグネット装置10における中央平面29Aと、クライオスタット17の上端面17A、下端面17Bとの間の平面29B、29C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17の上端面17A、下端面17Bのそれぞれを含む平面29D、29E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。

[0034] このように、超伝導マグネット装置10では、同等な磁界の強さ（例えば40～50mT）は、鉛直方向の各平面において相似な形状であり、超伝導マグネット装置10の軸方向（鉛直方向）において中央平面29Aから離れるに従って小さくなる。極低温冷凍機20は、磁界の強さが40～50mT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、40～50mT以上の強さの磁界に晒さらされない。

[0035] 従って、本実施の形態によれば、次の効果（1）～（3）を奏する。

[0036] （1）極低温冷凍機20、電流導入端子23及びバルブ等を備えた冷凍機ポート19が、クライオスタット17の上端面17Aと下端面17Bとの範

囲内において、クライオスタット 17 の外側周面 18 に設置され、しかも、極低温冷凍機 20、電流導入端子 23 及びバルブ等が、クライオスタット 17 の上端面 17A と下端面 17B 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 17A 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 17A 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 17A 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。

[0037] (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 17B よりも下方へ突出せず、しかもこの下端面 17B 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。

[0038] (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。

[0039] また、第1ディスプレイサ35、第2ディスプレイサ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31、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ディスプレイサ35及び第2ディスプレイサ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。

[0040] 更に、極低温冷凍機20は、第1ディスプレイサ35、第2ディスプレイサ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ディスプレイサ35、第2ディスプレイサ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ディスプレイサ35、第2ディスプレイサ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ディスプレイサ35、第2ディスプレイサ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。

[0041] [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。

[0042] 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。

[0043] 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。

[0044] (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。

[0045] [第3の実施の形態]

この第3の実施の形態は、図示は省略するが、図2に示される冷凍機ポートを図11に示されるように複数個設けた形態である。

[0046] 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。即ち、この第3の実施の形態は、図2に示される冷凍機ポート20を図11に示されるようにクライオスタット17の外周面に複数個設けた形態である。

[0047] 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。

[0048] (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。

[0049] [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。

[0050] 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。

[0051] 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。

[0052] 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。

[0053] 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。

[0054] 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。

請求の範囲

- [請求項1] 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であって、
- 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た冷凍機ポートと、
- 前記冷凍機ポートに設けられた超電導コイルを冷却する極低温冷凍機とを有し、
- 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。
- [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] 前記極低温冷凍機は駆動モータを含み、前記駆動モータは、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さ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。
- [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4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は、直方体形状のスプリット型クライオスタット

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。

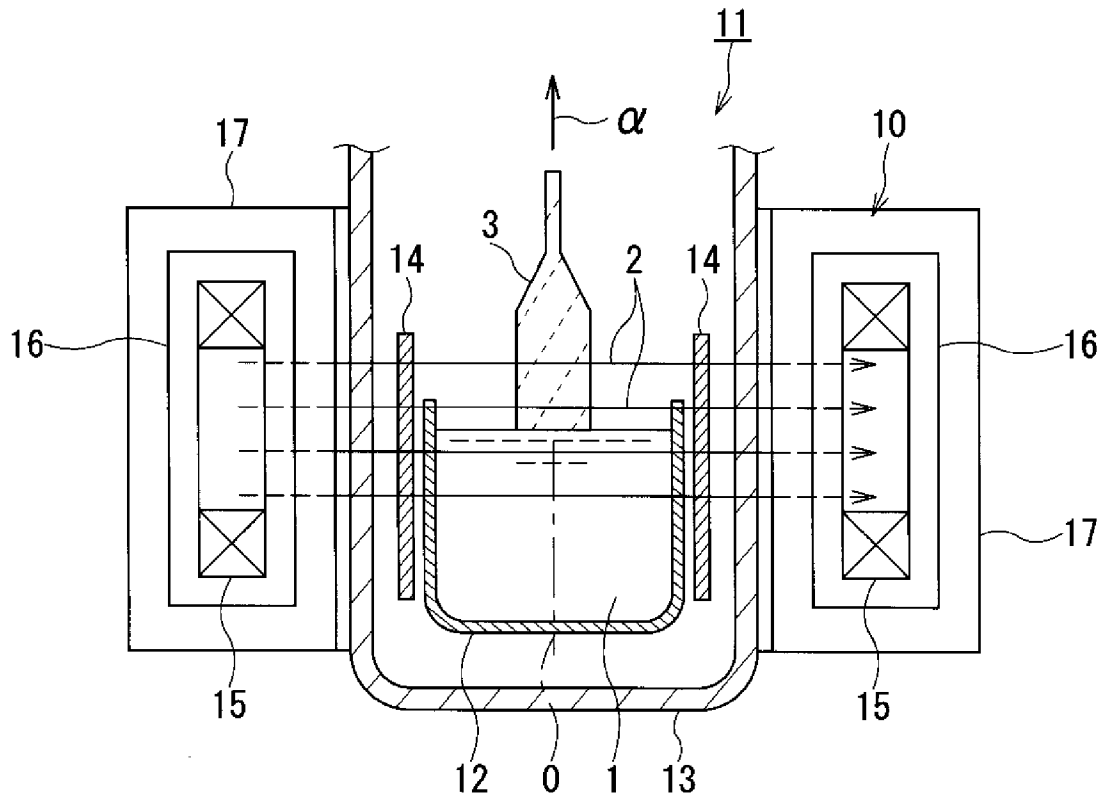
[請求項8] 前記クライオスタット内の超電導コイルは、伝熱板を介して極低温冷凍機により極低温に冷却されることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

[請求項9] 前記クライオスタット内の超電導コイルは、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。

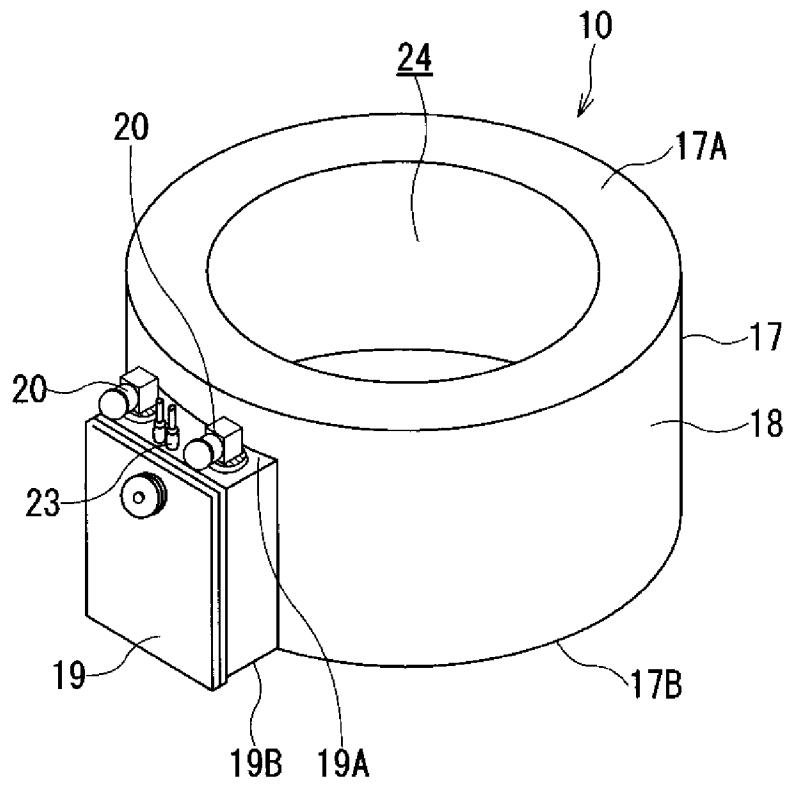
[請求項10] 前記超電導コイルは、一对の鞍形超電導コイルであることを特徴とする請求項 1 に記載の単結晶引上げ装置用超電導マグネット装置。

[請求項11] 前記超電導コイルは、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。

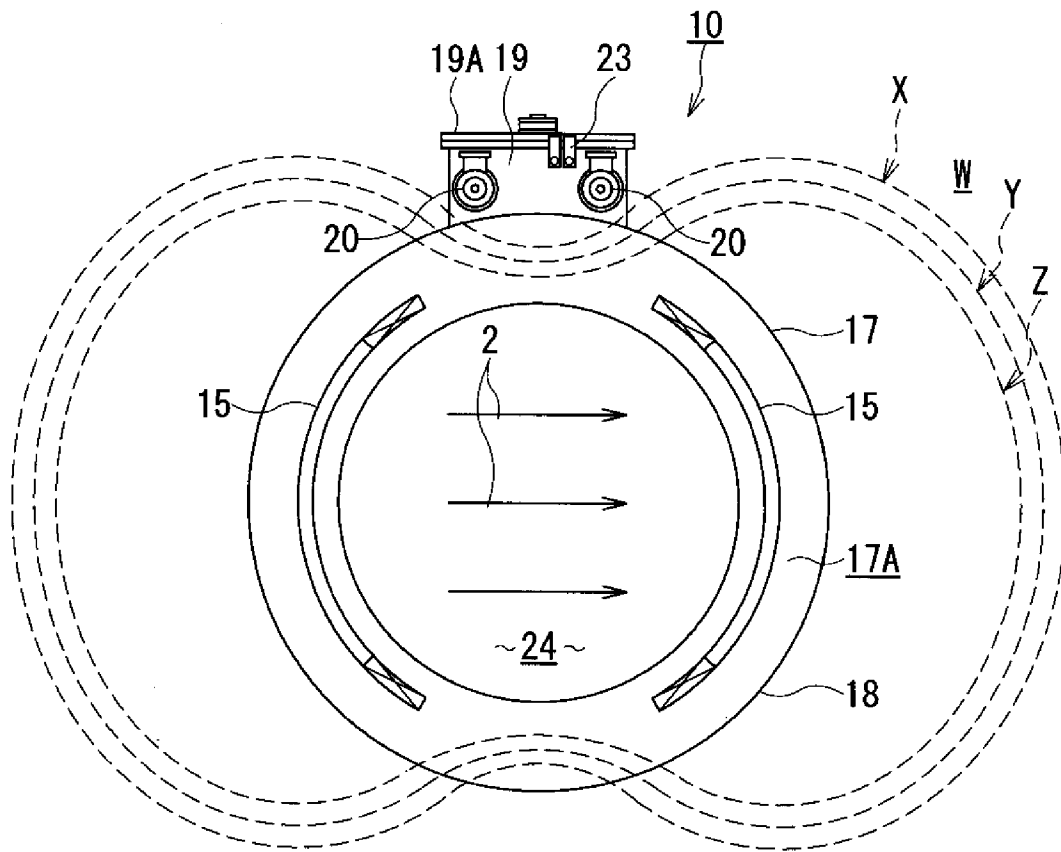
[図1]



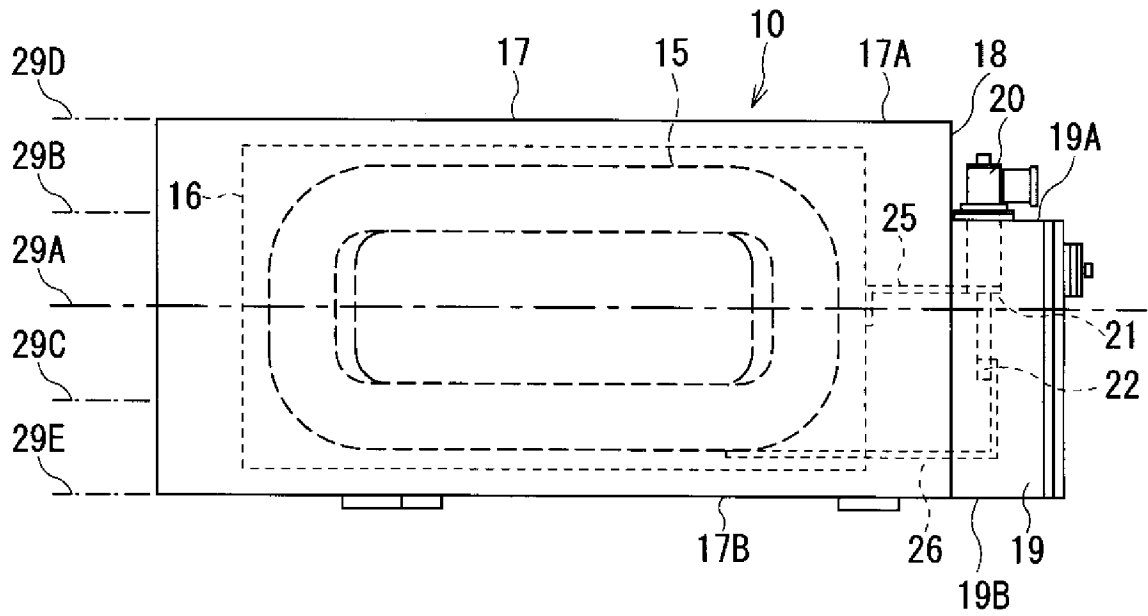
[図2]



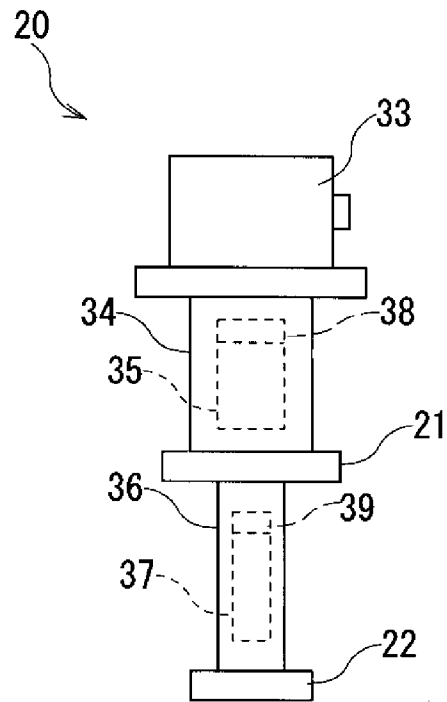
[図3]



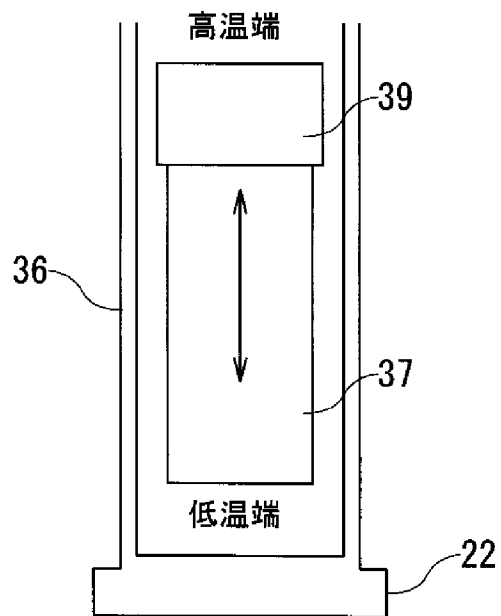
[図4]



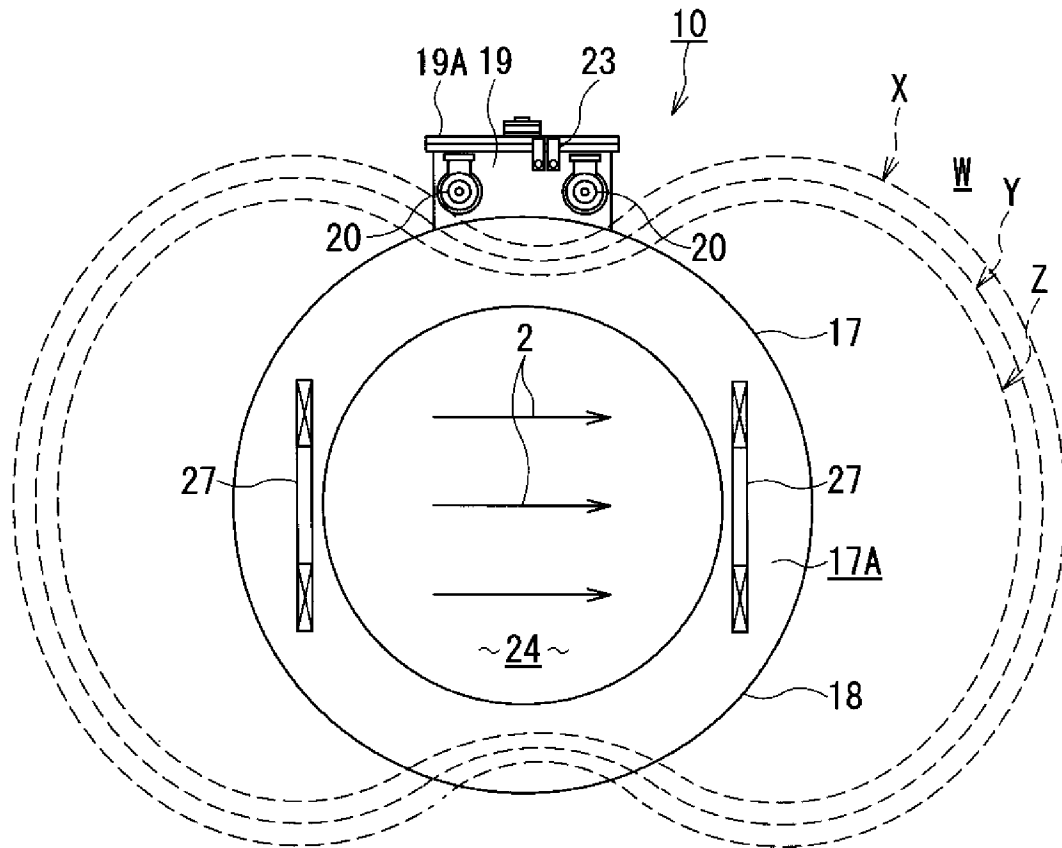
[图5]



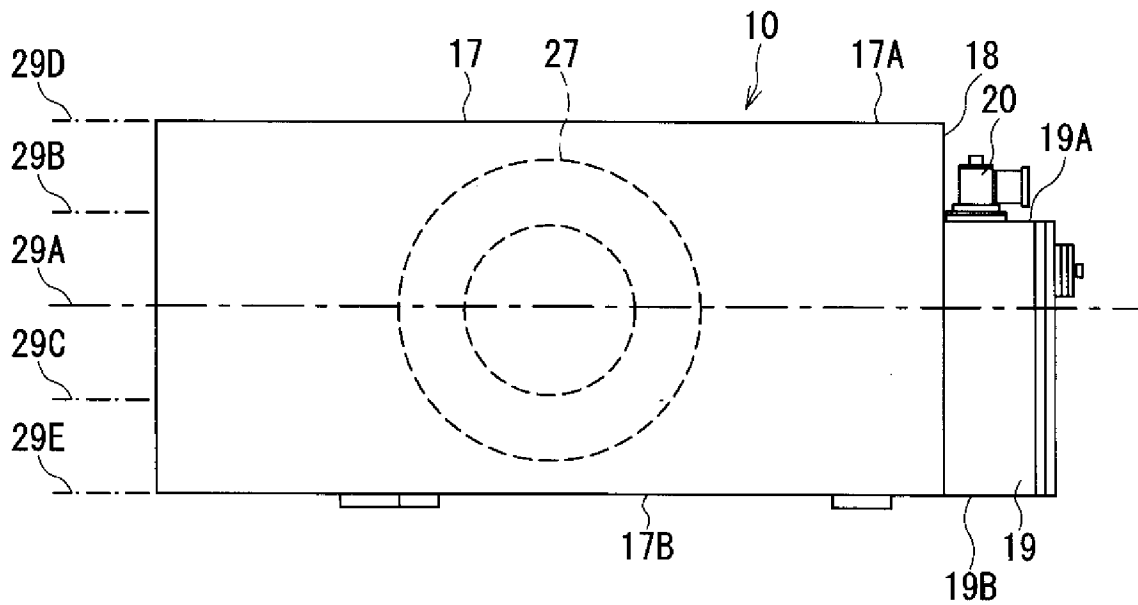
[图6]



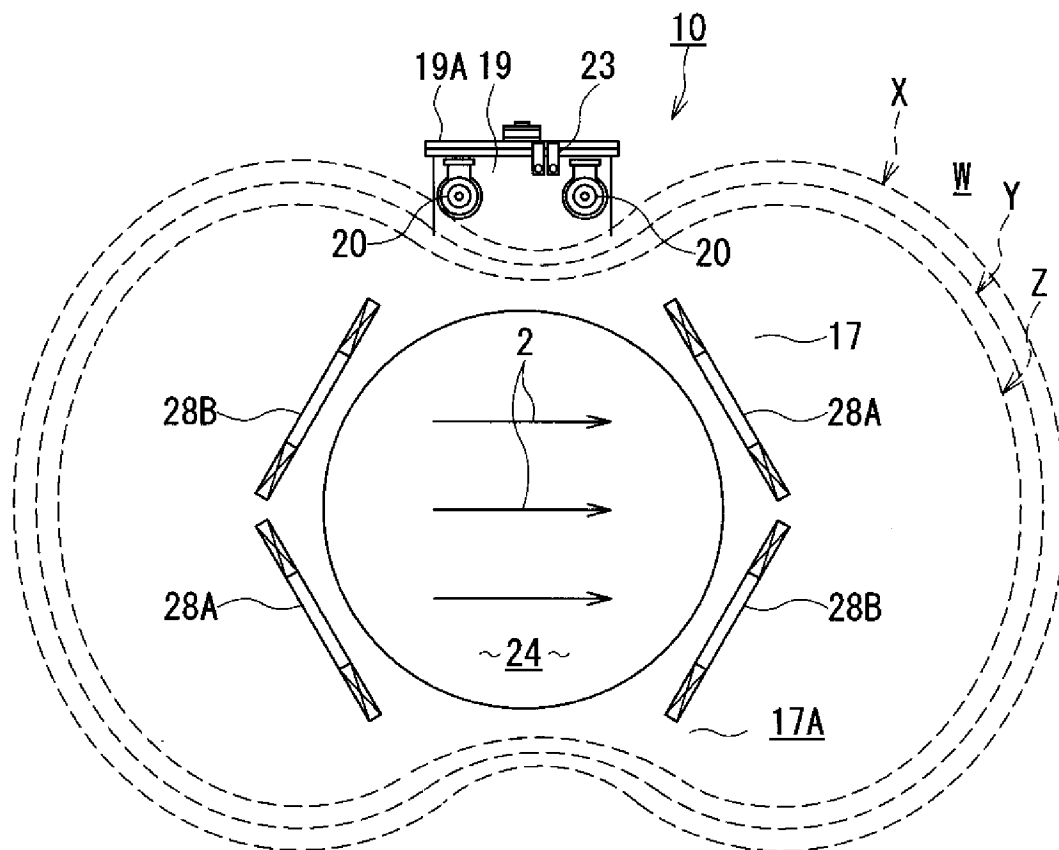
[図7]



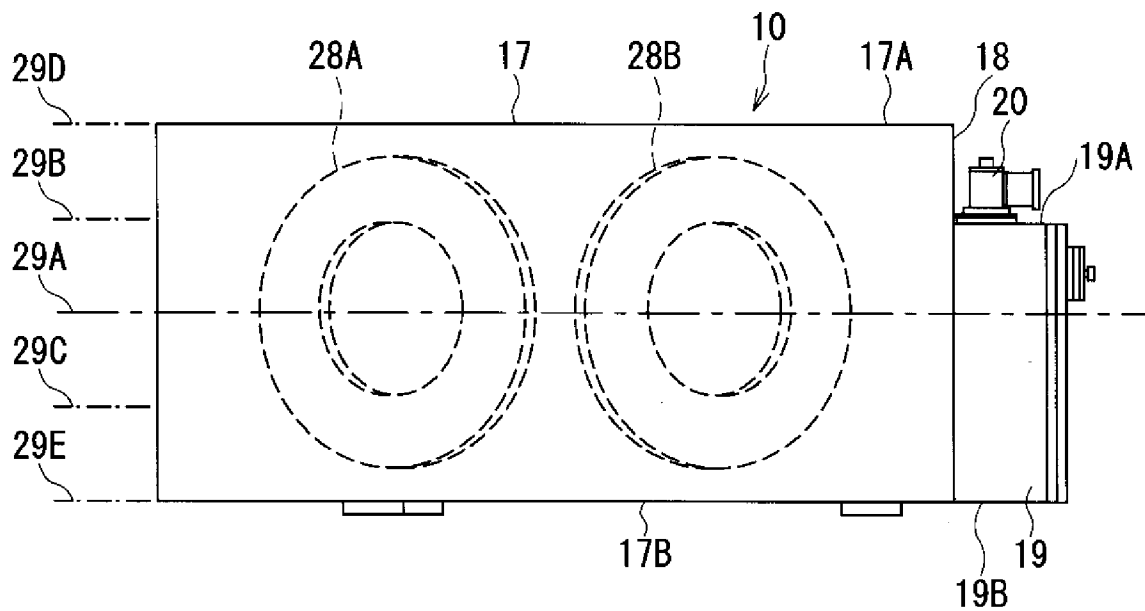
[図8]



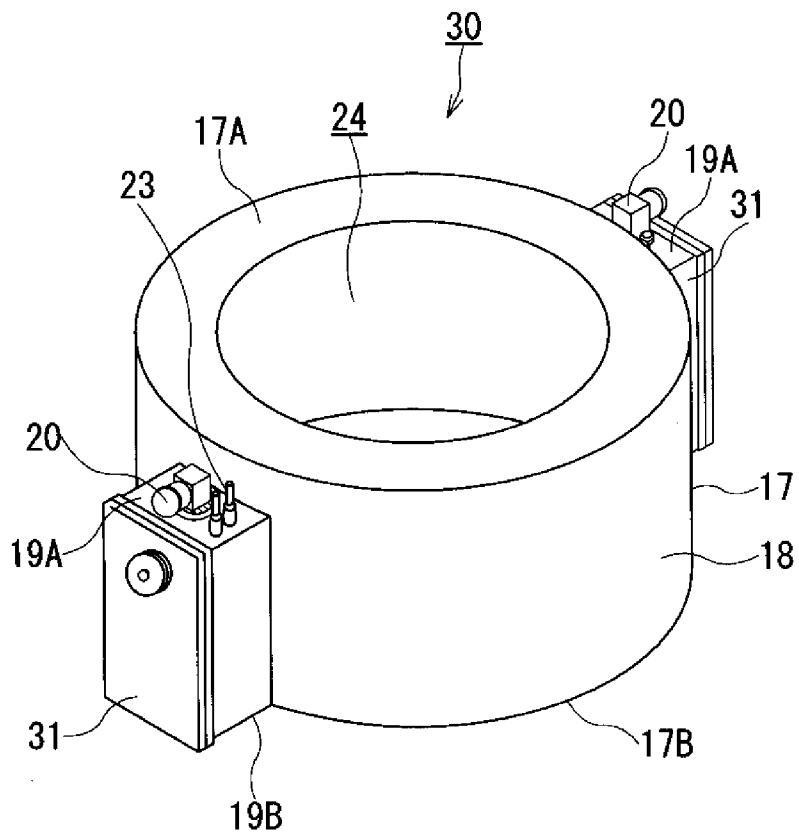
[图9]



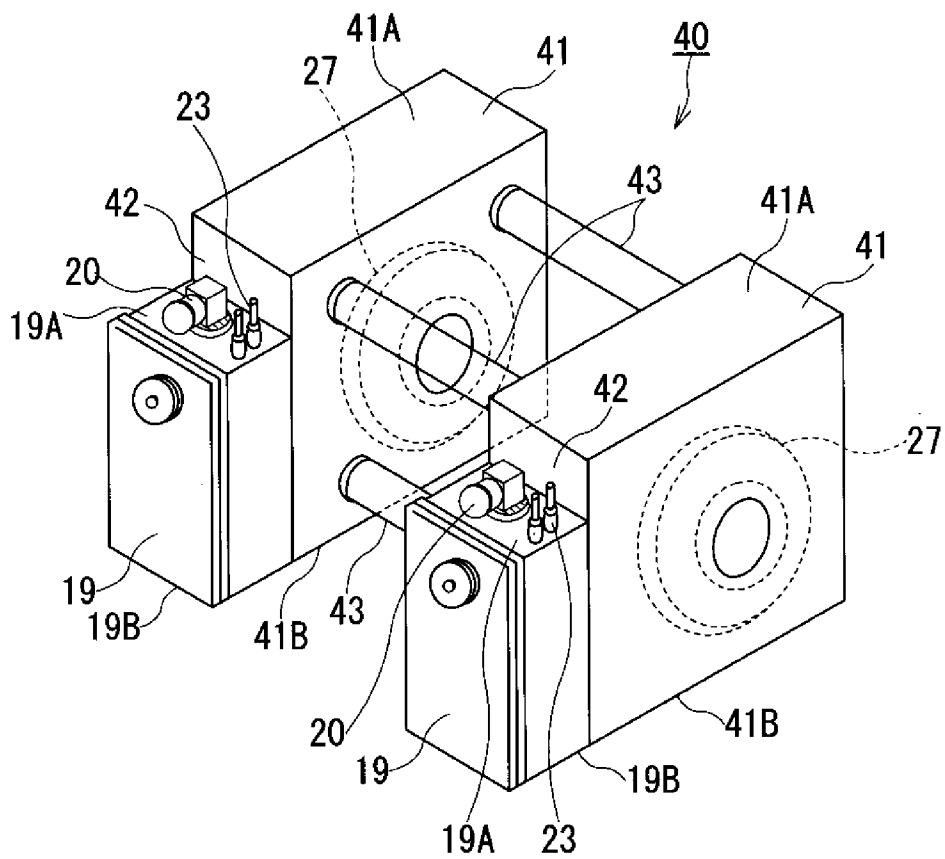
[图10]



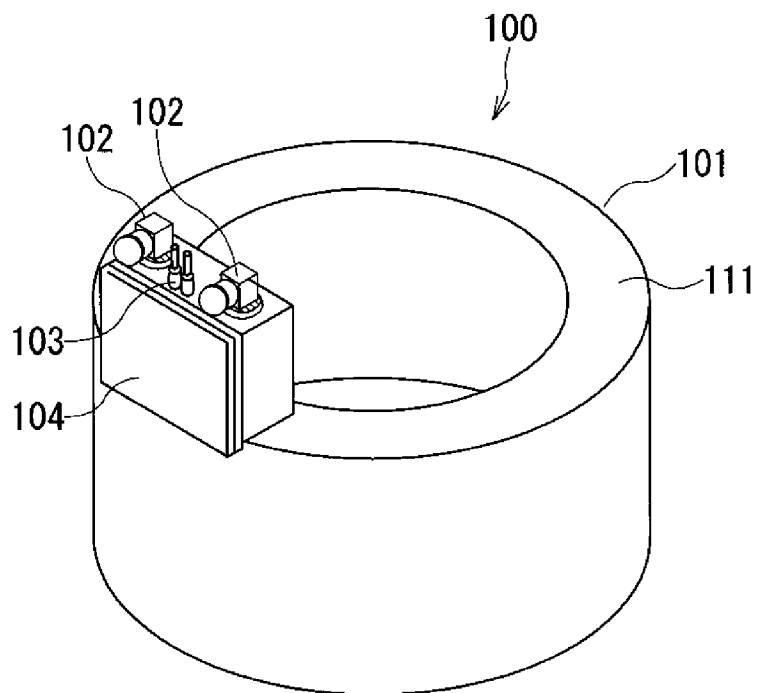
[図11]



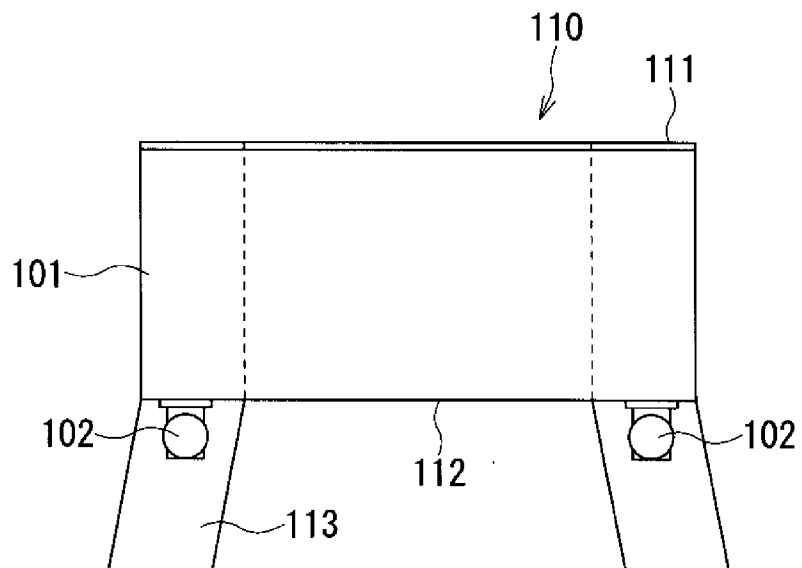
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/059539

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B15/00(2006.01) i, H01F6/04(2006.01) i, H01L39/04(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)
C30B1/00-35/00, H01F6/04, H01L39/04

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)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 11-176630 A (Toshiba Corp.), 02 July, 1999 (02.07.99), Full text (Family: none)	1, 2, 4-9, 11 3, 10
Y	JP 11-199367 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 27 July, 1999 (27.07.99), Full text (Family: none)	3
Y	JP 2005-123313 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 12 May, 2005 (12.05.05), Full text & US 2005/0166600 A1 & KR 10-2005-0036682 A	3

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 10 August, 2009 (10.08.09)	Date of mailing of the international search report 25 August, 2009 (25.08.09)
---	--

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

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/059539

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-120485 A (Mitsubishi Steel Mfg. Co., Ltd.), 12 May, 1998 (12.05.98), Full text (Family: none)	10
Y	JP 2004-091240 A (Sumitomo Mitsubishi Silicon Corp.), 25 March, 2004 (25.03.04), Full text & KR 10-2004-0020813 A	10
A	JP 2000-095597 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 04 April, 2000 (04.04.00), Full text (Family: none)	1-11
A	JP 2004-051475 A (Toshiba Corp.), 19 February, 2004 (19.02.04), Full text & US 2004/0107894 A1 & DE 10324674 A & DE 10324674 A1	1-11
A	JP 10-007486 A (Mitsubishi Electric Corp.), 13 January, 1998 (13.01.98), Full text (Family: none)	1-11
A	JP 11-199366 A (Mitsubishi Electric Corp.), 27 July, 1999 (27.07.99), Full text (Family: none)	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/059539

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Since the invention of claim 1 is not novel compared to the invention disclosed in document 1 that is a prior art document, any matter described in claim 1 cannot be regarded as "a special technical feature" making a contribution over the prior art. Accordingly, there is no technical relationship, between the inventions of respective claims including and after claim 2 which are dependent on only claim 1 and the invention of claim 1, involving one or more of the same or corresponding special technical features, and therefore these inventions are not so linked as to form a single general inventive concept.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest
the

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. C30B15/00(2006.01)i, H01F6/04(2006.01)i, H01L39/04(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. C30B1/00-35/00, H01F6/04, H01L39/04

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 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)

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
X Y	JP 11-176630 A (株式会社東芝) 1999.07.02, 全文 (ファミリーなし)	1, 2, 4-9, 11 3, 10
Y	JP 11-199367 A (住友重機械工業株式会社) 1999.07.27, 全文 (ファミリーなし)	3
Y	JP 2005-123313 A (住友重機械工業株式会社) 2005.05.12, 全文 & US 2005/0166600 A1 & KR 10-2005-0036682 A	3

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
 10.08.2009

国際調査報告の発送日
 25.08.2009

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)
 若土 雅之
 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
Y	JP 10-120485 A (三菱製鋼株式会社) 1998. 05. 12, 全文 (ファミリーなし)	10
Y	JP 2004-091240 A (三菱住友シリコン株式会社) 2004. 03. 25, 全文 & KR 10-2004-0020813 A	10
A	JP 2000-095597 A (東芝セラミックス株式会社) 2000. 04. 04, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2004-051475 A (株式会社東芝) 2004. 02. 19, 全文 & US 2004/0107894 A1 & DE 10324674 A & DE 10324674 A1	1-11
A	JP 10-007486 A (三菱電機株式会社) 1998. 01. 13, 全文 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 11-199366 A (三菱電機株式会社) 1999. 07. 27, 全文 (ファミリーなし)	1-11

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、先行技術文献である文献1に開示された発明に照らして新規性を有さないものであるから、請求項1に記載された如何なる事項も先行技術に対する貢献をもたらす「特別な技術的特徴」とはなり得えない。したがって、請求項2以下の請求項1のみに従属する各請求項に係る発明は、それぞれ請求項1に係る発明との間で一又は二以上の同一又は対応する特別な技術的特徴を含む技術的な関係になく、単一の一般的発明概念を形成するように連関していない。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。