

BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

exchange between the refrigerant and water around the pressure hull is performed in the external heat exchanger, whereby the heating element is cooled.

(57) 要約: 水中ビークル用冷却システムは、水中ビークルの耐圧殻の内部に配置された液浸槽、耐圧殻の外部に配置された外部熱交換器、液浸槽の槽出口と外部熱交換器の入口とを接続する往路管、及び、外部熱交換器の出口と液浸槽の槽入口とを接続する復路管を有する密閉された冷媒循環路を備える。液浸槽内において発熱体を冷媒に浸し、外部熱交換器で冷媒と耐圧殻の周囲の水との熱交換が行われることにより、発熱体が冷却される。

明 細 書

発明の名称：水中ビークル用冷却システム

技術分野

[0001] 本発明は、水中ビークルに搭載される冷却システムに関する。

背景技術

[0002] 従来から、水中ビークルに搭載された発熱体（例えば、電池、インバータ、サーバーなどの電子機器）を、海水を利用して冷却する技術が知られている。図3は、水中ビークル101に搭載された従来の冷却システム102の一例を示すブロック図である。図3に示すように、従来の水中ビークル101は、海水を用いる冷凍機81と、冷凍機81で生成された冷水を用いて冷風を送り出すFCU85（ファンコイルユニット）とを、耐圧殻10の内部に備える。FCU85から送り出された冷風によって、耐圧殻10の内部に配置された発熱体20Aが空冷される。冷凍機81は、海水流路82と、冷水回路84と、海水流路82と冷水回路84の熱交換を仲介する冷凍回路83とを有する。

[0003] 特許文献1は、上記のように海水を利用する冷凍装置を備えた潜水艦を開示する。この冷凍装置は、艦体内殻の内部に配置された凝縮器を含む冷凍回路と、凝縮器の水蓋と艦体内殻の外部に配置された冷却器とを含む密閉循環路とを備える。密閉循環路を自然循環式又は強制循環式で循環する冷却流体は、冷却器において海水で冷却されて、凝縮器の水蓋で冷凍回路を循環する冷媒と熱交換する。この冷凍装置では、凝縮器が海水によって間接的に冷却される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：実開昭56-168494号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 水中ビークルに搭載される電子機器（例えば、電池、インバータ、サーバーなど）の高性能化に伴い、水中ビークル内の熱負荷の上昇が予想される。熱負荷の上昇に対応するため、水中ビークルに搭載される冷却システムの冷却能力の更なる向上が要求される。しかし、例えば、図3に示す従来の冷却システムで冷却能力を向上させる場合には、冷凍機81へ海水を送る海水ポンプ86の大型化、FCU85へ冷水を送る冷水ポンプ87の大型化、及び、FCU85の送風機の大型化などによって、システム全体の大型化や消費エネルギーの増加が伴う。

[0006] 本発明は以上の事情に鑑みてされたものであり、その目的は、水中ビークルに搭載される冷却システムにおいて、システムの大型化を抑制しつつ、冷却能力を向上させる技術を提案することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係る水中ビークル用冷却システムは、水中ビークルの耐压殻の内部に配置された液浸槽、前記耐压殻の外部に配置された外部熱交換器、前記液浸槽の槽出口と前記外部熱交換器の入口を接続する往路管、及び、前記外部熱交換器の出口と前記液浸槽の槽入口とを接続する復路管を有する密閉された冷媒循環路を備え、前記液浸槽内において発熱体を冷媒に浸し、前記外部熱交換器で前記冷媒と前記耐压殻の周囲の水との熱交換が行われることにより、前記発熱体が冷却されるものである。

[0008] 上記構成の水中ビークル用冷却システムによれば、発熱体が液浸透液冷方式により冷却されるうえ、冷媒が耐压殻の周囲の水と直接的に熱交換される。液相の冷媒が発熱体に直接的に接触して熱を除去するため、従来の空冷方式と比較して、冷却能力が格段に向上する。また、冷却能力の向上により、発熱体の設置密度を高めることができ、システムの大型化を抑制することができる。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、水中ビークルに搭載される冷却システムにおいて、システムの大型化を抑制しつつ、冷却能力を向上させる技術を提案することがで

きる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図 1 は、本発明の一実施形態に係る水中ビークルに搭載された冷却システムの全体的な構成を示すブロック図である。

[図2]図 2 は、冷却システムの制御システムの構成を示す図である。

[図3]図 3 は、従来の水中ビークルに搭載された冷却システムの全体的な構成を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0011] 次に、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る水中ビークル 1 に搭載された冷却システム 2 の全体的な構成を示すブロック図である。

[0012] 図 1 に示す水中ビークル 1 は、水中及び水上を航走し、水圧に耐えるための耐圧殻 10 を有する。以下、耐圧殻 10 の内部を「ビークル内 11」と表し、耐圧殻 10 の外部を「ビークル外 12」と表す。なお、耐圧殻 10 が非耐圧構造の外殻と耐圧構造の内殻の二層からなる場合は、ビークル内 11 とは内殻の内部を表し、ビークル外 12 とは内殻の外部（内殻と外殻との間を含む）を表す。

[0013] 水中ビークル 1 に搭載された冷却システム 2 は、ビークル内 11 に設けられた液浸槽 21 を備える。液浸槽 21 内には冷媒 22 が充填されている。液浸槽 21 の冷媒は、槽内下部においては液相であり、槽内上部においては気液二相（又は気相）である。液相の冷媒 22 に発熱体 20 が丸ごと沈められている。冷媒 22 としては、電源を含む電子機器を浸して稼働させることが可能な不活性液体が用いられる。

[0014] ビークル外 12 には、外部熱交換器 31 が設けられている。液浸槽 21 の頂部に設けられた槽出口 21a と外部熱交換器 31 の入口とが往路管 41 で接続されている。液浸槽 21 の下部に設けられた槽入口 21b と外部熱交換器 31 の出口とが復路管 42 で接続されている。水中ビークル 1 が深度一定で航走している姿勢、水中ビークル 1 が水上航走している姿勢、及び、水中

ビークル 1 が停留している姿勢において、往路管 4 1 は復路管 4 2 よりも上方に位置する。

[0015] 液浸槽 2 1 と外部熱交換器 3 1 とが往路管 4 1 及び復路管 4 2 で接続されることによって、液浸槽 2 1 と外部熱交換器 3 1 とを含む密閉された冷媒循環路 4 が形成されている。冷媒循環路 4 内は、大気圧である、又は、大気圧よりも減圧されている。冷媒系内で冷媒 2 2 の相変化が生じるように、冷媒循環路 4 内の真空度が調整されてよい。冷媒 2 2 の相変化で生じる潜熱を利用することにより、冷媒系内の熱輸送効率を更に向上させることができる。

[0016] 外部熱交換器 3 1 は、耐圧殻 1 0 の周囲の水と冷媒循環路 4 を流れる冷媒 2 2 とを熱交換させることにより、冷媒 2 2 を冷却する。本実施形態では、水中ビークル 1 は海を航走し、耐圧殻 1 0 の周囲の水は海水である。但し、水中ビークル 1 が湖沼を航走する場合には、耐圧殻 1 0 の周囲の水は真水である。

[0017] 液浸槽 2 1 の槽出口 2 1 a には、槽内流路切替弁 2 3 が設けられている。液浸槽 2 1 内の上部には、気液二相又は気相の冷媒 2 2 の出口である上部出口 2 4 が設けられている。上部出口 2 4 は配管等を介して槽内流路切替弁 2 3 と接続されている。また、液浸槽 2 1 内の下部には、液相の冷媒 2 2 の出口である下部出口 2 5 が設けられている。下部出口 2 5 と槽内流路切替弁 2 3 とは揚液管 2 6 で接続されており、揚液管 2 6 には冷媒 2 2 を圧送する揚液ポンプ 2 7 が設けられている。

[0018] 槽内流路切替弁 2 3 は、ビークル内 1 1 に設けられた制御装置 7 の制御を受けて、槽出口 2 1 a と上部出口 2 4 とが接続された第 1 状態と、槽出口 2 1 a と下部出口 2 5 とが接続された第 2 状態とを、選択的に切り替える。

[0019] 往路管 4 1 において、外部熱交換器 3 1 の直ぐ上流側には第 1 開閉弁 4 3 が設けられている。また、復路管 4 2 において、外部熱交換器 3 1 の直ぐ下流側には第 2 開閉弁 4 4 が設けられている。第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 が開放されているとき、外部熱交換器 3 1 へ冷媒 2 2 が流れる。第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 が閉止されているとき、外部熱交換器 3 1 へ冷

媒 2 2 が流れない。第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 は、制御装置 7 の制御を受けて、弁の開閉を切り替える。

[0020] 往路管 4 1 には、消火流路 5 5 が接続されている。消火流路 5 5 には、消火用開閉弁 5 6 が設けられている。ピークル内 1 1 で火災が生じたときには、消火用開閉弁 5 6 が開放されて火災現場へ冷媒 2 2 が送られ、冷媒 2 2 が消火に利用される。

[0021] 復路管 4 2 の内部熱交換路 5 との接続部よりも下流側には、強制循環経路 4 8 の上流端と下流端とが接続されている。強制循環経路 4 8 には、冷媒 2 2 を圧送する冷媒ポンプ 4 7 が設けられている。復路管 4 2 と強制循環経路 4 8 の上流端との接続部には、流路切替弁 4 6 が設けられている。流路切替弁 4 6 は、制御装置 7 の制御を受けて、復路管 4 2 を流れる冷媒 2 2 を強制循環経路 4 8 に流さない第 1 状態と、復路管 4 2 を流れる冷媒 2 2 を強制循環経路 4 8 に流す第 2 状態とに、選択的に切り替える。流路切替弁 4 6 の切り替えによって、冷媒循環路 4 を流れる冷媒 2 2 が強制循環経路 4 8 を経由する強制循環式と、冷媒循環路 4 を流れる冷媒 2 2 が強制循環経路 4 8 を経由しない自然循環式とが切り替わる。

[0022] 冷媒循環路 4 には、往路管 4 1 を流れる冷媒 2 2 を外部熱交換器 3 1 を介さずに復路管 4 2 へ流す内部熱交換路 5 が接続されている。内部熱交換路 5 の上流端は往路管 4 1 と接続され、内部熱交換路 5 の下流端は復路管 4 2 と接続されている。内部熱交換路 5 の上流端と往路管 4 1 との接続部には、流量調整弁 5 1 が設けられている。流量調整弁 5 1 は、制御装置 7 の制御を受けて 0 ～ 1 0 0 % の範囲で開度を変化させることにより、内部熱交換路 5 へ流れる冷媒の流量を調整する。

[0023] 内部熱交換路 5 には、内部熱交換器 6 が設けられている。内部熱交換器 6 は、ピークル内 1 1 に設けられている。内部熱交換器 6 は、冷水回路 8 4 を流れる冷水と冷媒 2 2 とを熱交換させることにより、冷媒 2 2 を冷却する。冷水回路 8 4 を流れる冷水は、ピークル内 1 1 に設けられた冷凍機 8 1 によって冷却される。

[0024] 海水を用いる冷凍機 8 1 と、冷凍機 8 1 で生成された冷水を用いて冷風を送り出す F C U 8 5（ファンコイルユニット）とを、耐圧殻 1 0 の内部に備える。F C U 8 5 から送り出された冷風によって、耐圧殻 1 0 の内部に配置された発熱体 2 0 A が空冷される。冷凍機 8 1 は、海水流路 8 2 と、冷水回路 8 4 と、海水流路 8 2 と冷水回路 8 4 の熱交換を仲介する冷凍回路 8 3 とを有する。海水流路 8 2 には、海水を圧送する海水ポンプ 8 6 が設けられている。冷水回路 8 4 には、冷水を強制的に循環させる冷水ポンプ 8 7 が設けられている。

[0025] 海水流路 8 2 にはビークル外 1 2 から海水が取り込まれる。冷凍機 8 1 において、海水流路 8 2 を流れる海水と冷凍回路 8 3 を流れる冷媒との熱交換によって、冷媒が冷却される。暖められた海水は、ビークル外 1 2 へ排出される。また、冷凍機 8 1 において、冷却された冷媒と冷水回路 8 4 を流れる冷水との熱交換によって冷水が冷却される。つまり、冷凍機 8 1 は、海水を用いて冷水回路 8 4 を流れる冷水を間接的に冷却する。冷水回路 8 4 は、内部熱交換器 6 の他、ビークル内 1 1 に設けられた F C U（ファンコイルユニット）8 5 を流れてもよい。F C U 8 5 から送り出された冷風によって、ビークル内 1 1 に配置された発熱体 2 0 A が空冷される。

[0026] 図 2 は、冷却システム 2 の制御系統の構成を示す図である。図 1 及び図 2 に示すように、制御装置 7 には、温度計 7 5、及び、流量計 7 6 が有線又は無線で電氣的に接続されており、これらの検出値を取得する。温度計 7 5 は、復路管 4 2 に設けられて、液浸槽 2 1 へ流入する冷媒 2 2 の温度である循環冷媒温度 T を検出する。本実施形態において、温度計 7 5 は復路管 4 2 において流路切替弁 4 6 の直ぐ上流側に設けられている。流量計 7 6 は、復路管 4 2 に設けられて、液浸槽 2 1 へ流入する冷媒 2 2 の流量である循環冷媒量 F を検出する。本実施形態において、流量計 7 6 は、復路管 4 2 において、液浸槽 2 1 の槽入口 2 1 b の直ぐ上流側に設けられている。

[0027] 制御装置 7 は、槽内流路切替弁 2 3、流量調整弁 5 1、流路切替弁 4 6、第 1 開閉弁 4 3、及び、第 2 開閉弁 4 4 と電氣的に接続されており、これら

の弁の動作を制御する。制御装置 7 は、流量調整弁 5 1 の動作を制御する第 1 弁制御部 7 1、流路切替弁 4 6 の動作を制御する第 2 弁制御部 7 2、槽内流路切替弁 2 3 の動作を制御する第 3 弁制御部 7 3 としての機能を含む。また、制御装置 7 は、揚液ポンプ 2 7、及び、冷媒ポンプ 4 7 と電氣的に接続されており、これらのポンプの動作を制御する。

[0028] 制御装置 7 は、いわゆるコンピュータであって、例えば、マイクロコントローラ、CPU、MPU、PLC、DSP、ASIC 又は FPGA 等の演算処理装置（プロセッサ）と、ROM、RAM 等の揮発性及び不揮発性の記憶装置とを有する（いずれも図示せず）。記憶装置には、演算処理装置が実行するプログラム、各種固定データ等が記憶されている。制御装置では、記憶装置に記憶されたプログラム等のソフトウェアを演算処理装置が読み出して実行することにより、冷却システム 2 を運転するための処理が行われる。以下、制御装置 7 による冷却システム 2 の運転制御について説明する。

[0029] [定常運転]

先ず、冷却システム 2 の定常運転について説明する。定常運転において、第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 は開放されて、冷媒 2 2 は外部熱交換器 3 1 を流れる。槽内流路切替弁 2 3 は、上部出口 2 4 が槽出口 2 1 a を介して往路管 4 1 と接続された第 1 状態にある。流量調整弁 5 1 は閉止されており、内部熱交換路 5 に冷媒 2 2 は流れない。流路切替弁 4 6 は、冷媒 2 2 を強制循環経路 4 8 に流さない第 1 状態にある。

[0030] 定常運転時の冷却システム 2 では、液浸槽 2 1 において発熱体 2 0 によって温められた液相の冷媒 2 2 が沸騰して気泡が生じる。気液二相又は気相の冷媒 2 2 が上部出口 2 4 を通じて液浸槽 2 1 から往路管 4 1 へ流出する。往路管 4 1 を通じて外部熱交換器 3 1 へ流れた気相の冷媒 2 2 は、外部熱交換器 3 1 で海水により冷却されて、凝縮して液相となる。液相の冷媒 2 2 は、外部熱交換器 3 1 から復路管 4 2 へ流れ出て、槽入口 2 1 b から液浸槽 2 1 へ戻る。このように、定常運転時の冷却システム 2 では、冷媒 2 2 の相変化によって、冷媒 2 2 に密度の差が生じ、冷媒 2 2 が冷媒循環路 4 を自然循環

する。つまり、定常運転時の冷却システム 2 では、二相自然循環ループが形成されている。

[0031] 制御装置 7 は、温度計 7 5 で検出される循環冷媒温度 T と、流量計 7 6 で検出される循環冷媒量 F を常時監視している。なお、本実施形態において、循環冷媒温度 T は温度計 7 5 で検出するが、圧力計で検出された冷媒 2 2 の圧力や流量計で検出された冷媒 2 2 の流量に基づいて循環冷媒温度 T を間接的に検出してもよい。また、本実施形態において、循環冷媒量 F を流量計 7 6 で検出するが、温度計で検出された冷媒 2 2 の温度や圧力計で検出された冷媒 2 2 の圧力に基づいて循環冷媒量 F を間接的に検出してもよい。

[0032] 耐圧殻 1 0 の周囲の海水温度は、水中ビークル 1 の深度によって変化する。このような海水温度の変化により、外部熱交換器 3 1 の熱交換能力が変動する。また、水中ビークル 1 は、水中だけではなく、水上を航走することがある。水上航走時に、外部熱交換器 3 1 が海水に浸からなくなると、海水を利用した外部熱交換器 3 1 を利用することができない。このように、海水温の上昇、外部熱交換器 3 1 の故障、水上航走などの原因によって、外部熱交換器 3 1 の熱交換能力が低下することがある。外部熱交換器 3 1 の熱交換能力の低下は、循環冷媒温度 T に基づいて推定することができる。また、発熱体 2 0 の熱負荷の上昇時には、冷媒 2 2 の自然循環では、冷却能力が不足することがある。冷却システム 2 の冷却能力の不足は、循環冷媒量 F に基づいて推定することができる。

[0033] 制御装置 7 は、循環冷媒温度 T に基づいて外部熱交換器 3 1 の熱交換能力の不足を検知し、内部熱交換路 5 へ冷媒が流れるように流量調整弁 5 1 を制御する。また、制御装置 7 は、循環冷媒量 F に基づいて発熱体 2 0 の熱負荷に対する冷却能力の不足を検知し、強制循環経路 4 8 へ冷媒が流れるように流路切替弁 4 6 を制御する。制御装置 7 は、検出された循環冷媒温度 T と循環冷媒量 F との組み合わせに応じて、以下に説明するように、運転方法を切り替える。

[0034]

[表1]

	定常運転	熱交併用 運転	強制循環 運転	強制循環 ・熱交併用 運転
循環冷媒温度 $T \leq$ 温度閾値 T_0	Y	N	Y	N
循環冷媒量 $F \geq$ 流量閾値 F_0	Y	Y	N	N

Y : YES, N : NO

[0035] 表1に示すように、循環冷媒温度 T が所定の温度閾値 T_0 以下であり、且つ、循環冷媒量 F が所定の流量閾値 F_0 以上である場合には、制御装置7は冷却システム2の定常運転を行う。循環冷媒温度 T が温度閾値 T_0 を上回り、且つ、循環冷媒量 F が流量閾値 F_0 以上である場合には、制御装置7は冷却システム2の「熱交併用運転」を行う。循環冷媒温度 T が温度閾値 T_0 以下であり、且つ、循環冷媒量 F が流量閾値 F_0 未満である場合には、制御装置7は冷却システム2の「強制循環運転」を行う。循環冷媒温度 T が温度閾値 T_0 を上回り、且つ、循環冷媒量 F が流量閾値 F_0 未満である場合には、制御装置7は冷却システム2の「強制循環・熱交併用運転」を行う。

[0036] [熱交併用運転]

熱交併用運転の冷却システム2では、第1開閉弁43及び第2開閉弁44は開放されて、冷媒22は外部熱交換器31を流れる。槽内流路切替弁23は第1状態にあり、上部出口24が槽出口21aを介して往路管41と接続されている。流量調整弁51は開放されており、冷媒22は内部熱交換路5を流れる。流量調整弁51によって、内部熱交換路5を流れる冷媒22の流量が調整されてもよい。流路切替弁46は第1状態にあり、冷媒22は強制循環経路48を流れない。

[0037] 熱交併用運転の冷却システム2では、液浸槽21において発熱体20によって温められた液相の冷媒22は蒸発して気液二相（又は気相）となり、上部出口24を通じて液浸槽21から往路管41へ流出する。往路管41へ流れ出た冷媒22の一部は、外部熱交換器31で海水により冷却されて、凝縮

して液相となって復路管 4 2 へ流入する。往路管 4 1 へ流れ出た冷媒 2 2 の残部は、内部熱交換路 5 を通って内部熱交換器 6 で冷水により冷却されて、凝縮して液相となって復路管 4 2 へ流入する。復路管 4 2 へ流入した冷媒 2 2 は、槽入口 2 1 b から液浸槽 2 1 へ戻る。このように、熱交併用運転の冷却システム 2 では、冷媒 2 2 の相変化によって、冷媒 2 2 が内部熱交換路 5 を含む冷媒循環路 4 を自然循環する。

[0038] 熱交併用運転では、原則として外部熱交換器 3 1 と内部熱交換器 6 とが併用されるが、内部熱交換器 6 のみが使用されてもよい。この場合、上記の熱交併用運転の冷却システム 2 において、第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 が閉止される。

[0039] [強制循環運転]

強制循環運転の冷却システム 2 では、第 1 開閉弁 4 3 及び第 2 開閉弁 4 4 は開放されて、冷媒 2 2 は外部熱交換器 3 1 を流れる。槽内流路切替弁 2 3 は第 1 状態にあり、上部出口 2 4 が槽出口 2 1 a を介して往路管 4 1 とが接続されている。流量調整弁 5 1 は閉止されており、冷媒 2 2 は内部熱交換路 5 を流れない。流路切替弁 4 6 は第 2 状態にあり、冷媒ポンプ 4 7 が稼働されて、冷媒 2 2 は強制循環経路 4 8 を流れる。

[0040] 強制循環運転の冷却システム 2 では、液浸槽 2 1 において発熱体 2 0 によって温められた液相の冷媒 2 2 は蒸発して気相となり、気液二相（又は気相）の冷媒 2 2 は上部出口 2 4 を通じて液浸槽 2 1 から往路管 4 1 へ流出する。往路管 4 1 へ流れ出た冷媒 2 2 は、外部熱交換器 3 1 で海水により冷却されて、凝縮して液相となって復路管 4 2 へ流入する。復路管 4 2 へ流入した冷媒 2 2 は、強制循環経路 4 8 を経由して、槽入口 2 1 b から液浸槽 2 1 へ戻る。このように、熱交併用運転の冷却システム 2 では、冷媒ポンプ 4 7 の稼働により、冷媒 2 2 が強制的に循環させられる。

[0041] 強制循環運転の冷却システム 2 において、液相（又は、気液二相）の冷媒 2 2 を循環させてもよい。この場合、上記強制循環運転の冷却システム 2 において、槽内流路切替弁 2 3 は第 2 状態にあり、下部出口 2 5 が槽出口 2 1

aを介して往路管41と接続され、揚液ポンプ27が稼働される。

[0042] このような強制循環運転の冷却システム2では、液浸槽21において発熱体20によって温められた液相の冷媒22は、下部出口25を通じて液浸槽21から往路管41へ圧送される。往路管41へ流れ出た冷媒22は、外部熱交換器31で海水により冷却されて、復路管42へ流入する。復路管42へ流入した冷媒22は、強制循環経路48を経由して、槽入口21bから液浸槽21へ戻る。このように、熱交併用運転の冷却システム2では、揚液ポンプ27及び冷媒ポンプ47の稼働により、液相（又は、気液二相）の冷媒22が強制的に循環させられる。

[0043] [強制循環・熱交併用運転]

強制循環・熱交併用運転の冷却システム2では、第1開閉弁43及び第2開閉弁44は開放されて、冷媒22は外部熱交換器31を流れる。槽内流路切替弁23は第2状態にあり、下部出口25が槽出口21aを介して往路管41と接続されて、揚液ポンプ27が稼働される。流量調整弁51は開放されており、冷媒22は内部熱交換路5及び内部熱交換器6を流れる。流量調整弁51によって、内部熱交換路5を流れる冷媒22の流量が調整されてもよい。流路切替弁46は第2状態にあり、冷媒ポンプ47が稼働され、冷媒22が強制循環経路48を流れる。

[0044] 強制循環・熱交併用運転の冷却システム2では、液浸槽21において発熱体20によって温められた液相（又は、気液二相）の冷媒22は、下部出口25を通じて液浸槽21から往路管41へ圧送される。往路管41へ流れ出た冷媒22の一部は、外部熱交換器31で海水により冷却されて、復路管42へ流入する。往路管41へ流れ出た冷媒22の残部は、内部熱交換路5を通して内部熱交換器6で冷水により冷却されて、復路管42へ流入する。復路管42へ流入した冷媒22は、強制循環経路48を経由して、槽入口21bから液浸槽21へ戻る。このように、強制循環・熱交併用運転の冷却システム2では、揚液ポンプ27及び冷媒ポンプ47の稼働により、液相（又は、気液二相）の冷媒22が強制的に循環させられる。そのうえ、強制循環・

熱交併用運転の冷却システム２では、冷媒２２の冷却に外部熱交換器３１と内部熱交換器６とが併用される。これにより、強制循環・熱交併用運転の冷却システム２では、冷却システム２の冷却能力が定常運転時と比較して大幅に増幅される。

[0045] 以上に説明したように、本実施形態に係る水中ビークル用冷却システム２は、水中ビークル１の耐压殻１０の内部に配置された液浸槽２１、耐压殻１０の外部に配置された外部熱交換器３１、液浸槽２１の槽出口２１aと外部熱交換器３１の入口を接続する往路管４１、及び、外部熱交換器３１の出口と液浸槽２１の槽入口２１bとを接続する復路管４２を有する密閉された冷媒循環路４を備える。そして、液浸槽２１内において発熱体２０を冷媒２２に浸し、外部熱交換器３１で冷媒２２と耐压殻１０の周囲の水との熱交換が行われることにより、発熱体２０が冷却される。

[0046] 上記構成の水中ビークル用冷却システム２によれば、発熱体２０を冷媒２２に浸漬する液浸透（液浸漬）液冷方式により発熱体２０が冷却されるうえ、冷媒２２が耐压殻１０の周囲の水と直接的に熱交換される。液相の冷媒２２が発熱体に直接的に接触して熱を除去するため、従来の空冷方式と比較して、冷却能力が格段に向上する。また、冷却能力の向上により、発熱体２０の設置密度を高めることができ、システムの大型化を抑制することができる。また、冷却システム２は、空冷式と比較して静音であり、閉じられた空間であるビークル内１１での発熱体２０の冷却に好適である。

[0047] また、本実施形態に係る水中ビークル１は、耐压殻１０の内部に配置された内部熱交換器６を含み、上流端及び下流端が冷媒循環路４に接続され、内部熱交換器６を通して冷媒を流す内部熱交換路５と、冷媒循環路４と内部熱交換路５との接続部に設けられた流量調整弁５１とを、更に備える。

[0048] これにより、外部熱交換器３１の熱交換能力が低下したときには、外部熱交換器３１と内部熱交換路５とを併用する、又は、熱交換器を外部熱交換器３１から内部熱交換路５へ切り替えることにより、冷却システム２の冷却性能を維持することができる。

- [0049] 上記において、内部熱交換路 5 は、外部熱交換器 3 1 をバイパスして、往路管 4 1 から内部熱交換器 6 を通って復路管 4 2 へ冷媒 2 2 を流すものであってよい。
- [0050] これにより、外部熱交換器 3 1 の熱交換能力が低下したときには、冷媒 2 2 を冷却するための熱交換器を外部熱交換器 3 1 から内部熱交換路 5 へ切り替えて、冷却システム 2 の冷却性能を維持することができる。
- [0051] 上記冷却システム 2 が、冷媒循環路 4 の循環冷媒温度 T を検出する第 1 検出器（例えば、温度計 7 5）と、循環冷媒温度 T に基づいて外部熱交換器 3 1 の熱交換能力の不足を検知し、内部熱交換路 5 へ冷媒が流れるように流量調整弁 5 1 を制御する第 1 弁制御部 7 1 とを、更に備えてもよい。
- [0052] これにより、外部熱交換器 3 1 の熱交換能力が低下したときに、自動的に冷媒 2 2 が内部熱交換路 5 を流れるように切り替わり、熱交換能力が低下を補うことができる。
- [0053] また、本実施形態に係る冷却システム 2 は、冷媒 2 2 を圧送する冷媒ポンプ 4 7 を含み、上流端及び下流端が冷媒循環路 4 に接続された強制循環経路 4 8 と、強制循環経路 4 8 の上流端と冷媒循環路 4 との接続部に設けられた流路切替弁 4 6 とを、更に備える。
- [0054] これにより、冷却システム 2 の冷却能力が不足する際には、冷媒 2 2 を強制的に循環させて、冷却能力を増幅させることができる。
- [0055] 上記冷却システム 2 が、冷媒循環路 4 の循環冷媒量 F を検出する第 2 検出器（例えば、流量計 7 6）と、循環冷媒量 F に基づいて発熱体 2 0 の熱負荷に対する冷却能力の不足を検知し、強制循環経路 4 8 へ冷媒が流れるように流路切替弁 4 6 を制御する第 2 弁制御部 7 2 とを、更に備えてよい。
- [0056] これにより、冷却システム 2 の冷却能力が不足する際には、自動的に冷媒 2 2 を強制的に循環させて、冷却能力を増幅させることができる。
- [0057] また、本実施形態に係る冷却システム 2 において、液浸槽 2 1 が、槽内上部に設けられた上部出口 2 4 と、槽内下部に設けられた下部出口 2 5 と、上部出口 2 4 及び下部出口 2 5 を液浸槽 2 1 の槽出口 2 1 a と選択的に接続す

る槽内流路切替弁 2 3 とを、更に有する。

[0058] これにより、冷媒循環路 4 から往路管 4 1 へ気相の冷媒 2 2 が流出する状態（第 1 状態）と、液相（又は、気液二相）の冷媒 2 2 が流出する状態（第 2 状態）とを切り替えることができる。第 1 状態では、冷媒 2 2 の相変化を利用して冷媒 2 2 が冷媒循環路 4 を自然循環するので、冷媒 2 2 を強制的に循環させるためのエネルギーが不要となる。また、第 2 状態では、冷媒循環路 4 に液相（又は、気液二相）の冷媒 2 2 を循環させることができるので、冷却システム 2 の冷却能力をより高めることができる。

[0059] 以上に本発明の好適な実施の形態を説明したが、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、上記実施形態の具体的な構造及び／又は機能の詳細を変更したのも本発明に含まれ得る。

符号の説明

- [0060] 1 : 水中ビークル
2 : 冷却システム
4 : 循環路
5 : 内部熱交換路
6 : 内部熱交換器
7 : 制御装置
1 0 : 耐圧殻
1 1 : ビークル内
1 2 : ビークル外
2 0, 2 0 A : 発熱体
2 1 : 液浸槽
2 1 a : 槽出口
2 1 b : 槽入口
2 2 : 冷媒
2 3 : 槽内流路切替弁
2 4 : 上部出口

2 5	: 下部出口
2 6	: 揚液管
2 7	: 揚液ポンプ
3 1	: 外部熱交換器
4 1	: 往路管
4 2	: 復路管
4 3	: 第 1 開閉弁
4 4	: 第 2 開閉弁
4 6	: 流路切替弁
4 7	: 冷媒ポンプ
4 8	: 強制循環経路
5 1	: 流量調整弁
5 5	: 消火流路
5 6	: 消火用開閉弁
7 1	: 演算処理装置
7 2	: 記憶装置
7 5	: 温度計
7 6	: 流量計
8 1	: 冷凍機
8 2	: 海水流路
8 3	: 冷凍回路
8 4	: 冷水回路
8 5	: F C U
8 6	: 海水ポンプ
8 7	: 冷水ポンプ
F	: 循環冷媒量
F 0	: 流量閾値
T	: 循環冷媒温度

T O : 温度閾値

請求の範囲

- [請求項1] 水中ビークルの耐圧殻の内部に配置された液浸槽、前記耐圧殻の外部に配置された外部熱交換器、前記液浸槽の槽出口と前記外部熱交換器の入口とを接続する往路管、及び、前記外部熱交換器の出口と前記液浸槽の槽入口とを接続する復路管を有する密閉された冷媒循環路を備え、
- 前記液浸槽内において発熱体を冷媒に浸し、前記外部熱交換器で前記冷媒と前記耐圧殻の周囲の水との熱交換が行われることにより、前記発熱体が冷却される、
- 水中ビークル用冷却システム。
- [請求項2] 前記耐圧殻の内部に配置された内部熱交換器を含み、上流端及び下流端が前記冷媒循環路に接続され、前記内部熱交換器を通して前記冷媒を流す内部熱交換路と、
- 前記冷媒循環路と前記内部熱交換路との接続部に設けられた流量調整弁とを、更に備える、
- 請求項1に記載の水中ビークル用冷却システム。
- [請求項3] 前記内部熱交換路は、前記外部熱交換器をバイパスして、前記往路管から前記内部熱交換器を通して前記復路管へ前記冷媒を流すことを特徴とする、
- 請求項2に記載の水中ビークル用冷却システム。
- [請求項4] 前記冷媒循環路の循環冷媒温度を検出する第1検出器と、
- 前記循環冷媒温度に基づいて前記外部熱交換器の熱交換能力の不足を検知し、前記内部熱交換路へ前記冷媒が流れるように前記流量調整弁を制御する第1弁制御部とを、更に備える、
- 請求項2～3のいずれか一項に記載の水中ビークル用冷却システム。
- [請求項5] 前記冷媒を圧送する冷媒ポンプを含み、上流端及び下流端が前記冷媒循環路に接続された強制循環経路と、
- 前記強制循環経路の前記上流端と前記冷媒循環路との接続部に設け

られた流路切替弁とを、更に備える、

請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の水中ビークル用冷却システム。

[請求項6]

前記冷媒循環路の循環冷媒量を検出する第 2 検出器と、

前記循環冷媒量に基づいて前記発熱体の熱負荷に対する冷却能力の不足を検知し、前記強制循環経路へ前記冷媒が流れるように前記流路切替弁を制御する第 2 弁制御部とを、更に備える、

請求項 5 に記載の水中ビークル用冷却システム。

[請求項7]

前記液浸槽が、槽内上部に設けられた上部出口と、槽内下部に設けられた下部出口と、前記上部出口及び前記下部出口を前記液浸槽の前記槽出口と選択的に接続する槽内流路切替弁とを、更に有する、

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の水中ビークル用冷却システム。

[図1]

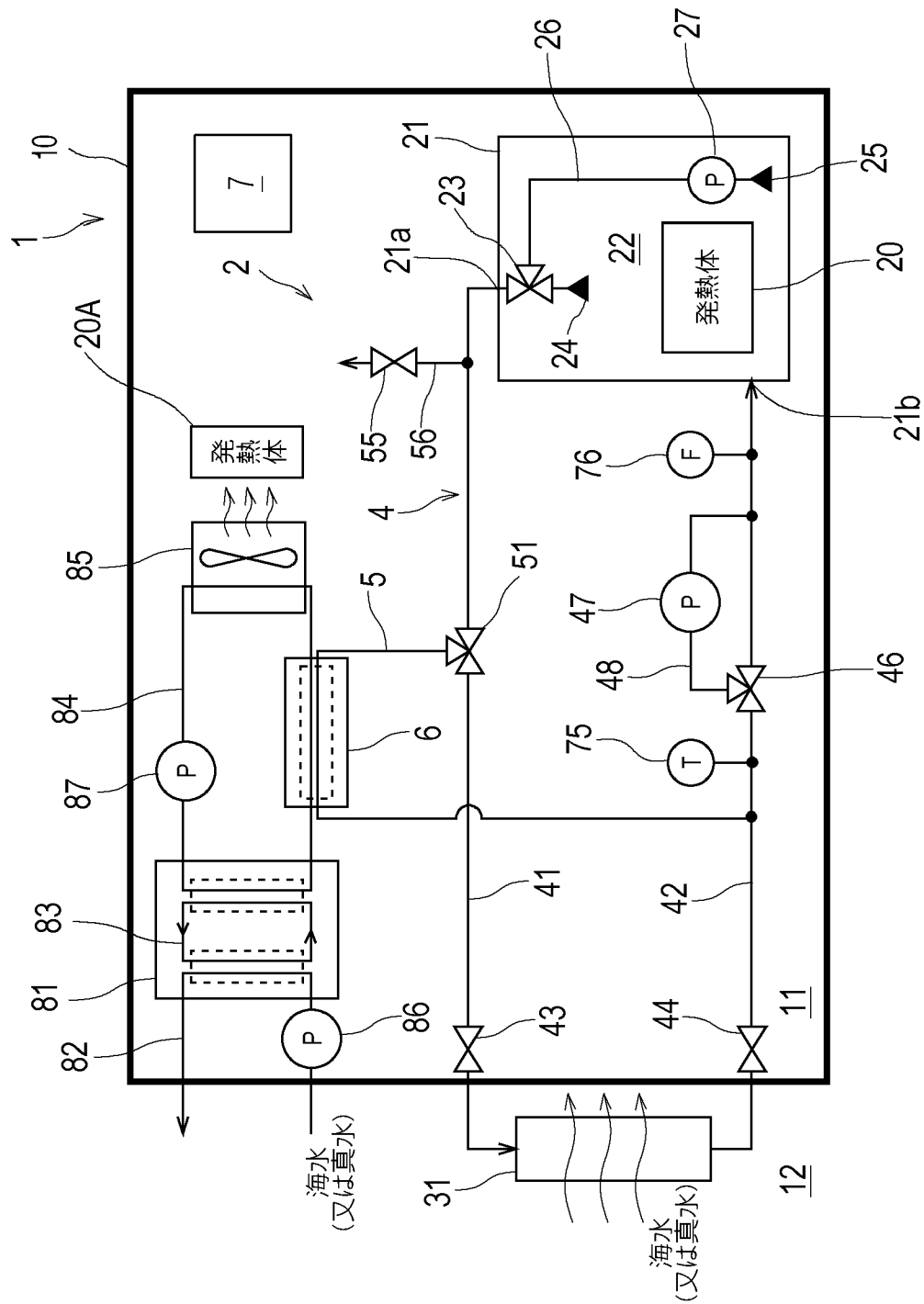


FIG. 1

[図2]

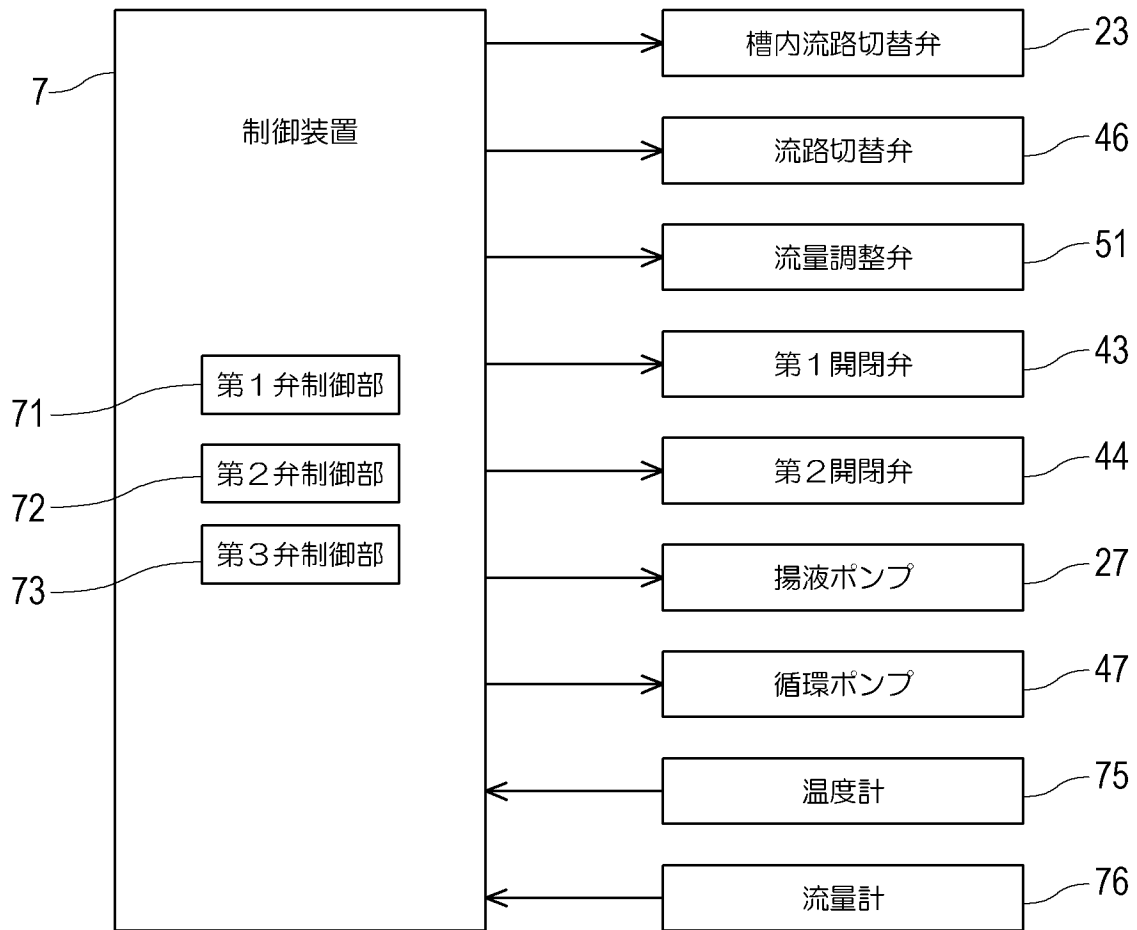


FIG.2

[図3]

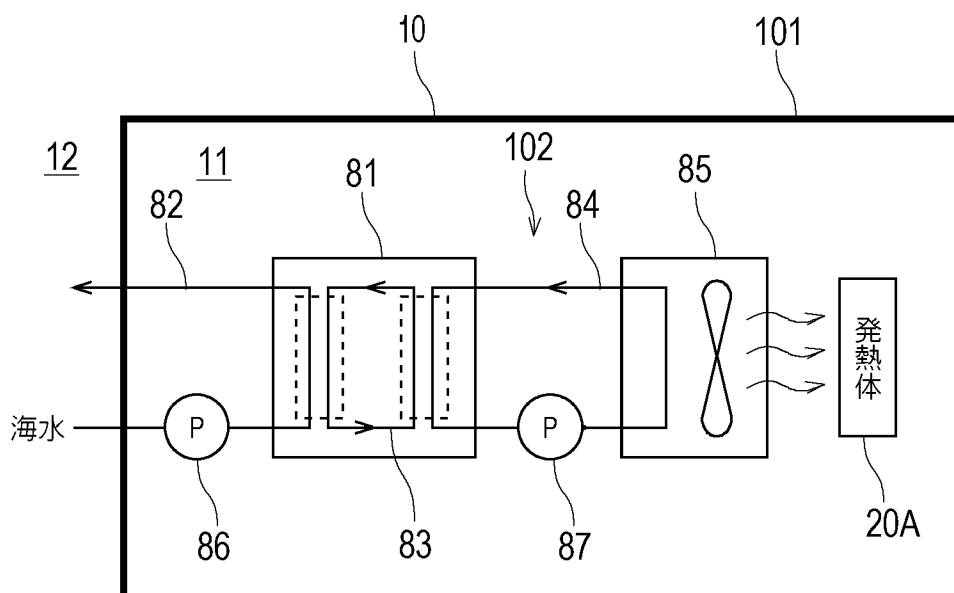


FIG.3

従来技術

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/013377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B63C11/00(2006.01)i, B63C11/48(2006.01)i, B63C8/36(2006.01)i, B63J2/12(2006.01)i, F25D9/00(2006.01)i, F25D11/00(2006.01)i, F25D 13/00(2006.01)i, B60H1/22(2006.01)i
FI: B63J2/12 A, B63C11/00 B, B63C11/48 D, B63G8/36 Z, B60H1/22 671, F25D11/00 101D, F25D9/00 B, F25D13/00 B

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)

Int. Cl. B63C11/00, B63C11/48, B63G8/36, B63J2/12, F25D9/00, F25D11/00, F25D13/00, B60H1/22

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020
Registered utility model specifications of Japan 1996-2020
Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
A	US 4224804 A (BRUKER-PHYSIK AG) 30 September 1980	1-7
A	US 4474228 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 02 October 1984	1-7
A	WO 03/022675 A1 (STRACHAN & HENSHAW LIMITED) 20 March 2003	1-7
A	US 5979354 A (ARZOLA, Javier Silvano) 09 November 1999	1-7

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"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

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02.06.2020

Date of mailing of the international search report
09.06.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/013377

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
US 4224804 A	30.09.1980	GB 2014719 A	
US 4474228 A	02.10.1984	(Family: none)	
WO 03/022675 A1	20.03.2003	KR 10-0929647 B1	
US 5979354 A	09.11.1999	EP 850830 A2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B63C 11/00(2006.01)i; B63C 11/48(2006.01)i; B63G 8/36(2006.01)i; B63J 2/12(2006.01)i; F25D 9/00(2006.01)i; F25D 11/00(2006.01)i; F25D 13/00(2006.01)i; B60H 1/22(2006.01)i FI: B63J2/12 A; B63C11/00 B; B63C11/48 D; B63G8/36 Z; B60H1/22 671; F25D11/00 101D; F25D9/00 B; F25D13/00 B																	
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）） B63C11/00; B63C11/48; B63G8/36; B63J2/12; F25D9/00; F25D11/00; F25D13/00; B60H1/22 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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年							
日本国実用新案公報	1922-1996年																
日本国公開実用新案公報	1971-2020年																
日本国実用新案登録公報	1996-2020年																
日本国登録実用新案公報	1994-2020年																
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>US 4224804 A (BRUKER-PHYSIK AG) 30.09.1980 (1980-09-30)</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 4474228 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 02.10.1984 (1984-10-02)</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 03/022675 A1 (STRACHAN & HENSHAW LIMITED) 20.03.2003 (2003-03-20)</td> <td>1-7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5979354 A (ARZOLA, Javier Silvano) 09.11.1999 (1999-11-09)</td> <td>1-7</td> </tr> </tbody> </table>			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	A	US 4224804 A (BRUKER-PHYSIK AG) 30.09.1980 (1980-09-30)	1-7	A	US 4474228 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 02.10.1984 (1984-10-02)	1-7	A	WO 03/022675 A1 (STRACHAN & HENSHAW LIMITED) 20.03.2003 (2003-03-20)	1-7	A	US 5979354 A (ARZOLA, Javier Silvano) 09.11.1999 (1999-11-09)	1-7
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															
A	US 4224804 A (BRUKER-PHYSIK AG) 30.09.1980 (1980-09-30)	1-7															
A	US 4474228 A (THE UNITED STATES OF AMERICA AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF THE NAVY) 02.10.1984 (1984-10-02)	1-7															
A	WO 03/022675 A1 (STRACHAN & HENSHAW LIMITED) 20.03.2003 (2003-03-20)	1-7															
A	US 5979354 A (ARZOLA, Javier Silvano) 09.11.1999 (1999-11-09)	1-7															
☐ 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の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抵触するものではなく、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 02.06.2020		国際調査報告の発送日 09.06.2020															
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 福田 信成 3D 8372 電話番号 03-3581-1101 内線 3341															

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/013377

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
US	4224804	A	30.09.1980	GB	2014719	A	
US	4474228	A	02.10.1984	(ファミリーなし)			
WO	03/022675	A1	20.03.2003	KR	10-0929647	B1	
US	5979354	A	09.11.1999	EP	850830	A2	