

(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
2012 年 4 月 26 日(26.04.2012)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2012/053215 A1

- (51) 国際特許分類:
G21D 1/00 (2006.01) G21C 15/247 (2006.01)
F22B 1/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/005878
- (22) 国際出願日: 2011 年 10 月 20 日(20.10.2011)
- (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 2010-236745 2010 年 10 月 21 日(21.10.2010) 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): 橘高 大悟 (KITAKA, Daigo) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 相澤 利枝 (AIZAWA, Rie) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 丸山 茂樹 (MARUYAMA, Shigeki) [JP/JP]; 〒

1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 神保 昇 (JIMBO, Noboru) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 北島 裕子 (KITAJIMA, Yuko) [JP/JP]; 〒1058001 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社 東芝 知的財産部内 Tokyo (JP). 西口 洋平 (NISHIGUCHI, Yohei) [JP/JP]; 〒2358523 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 東芝原子力エンジニアリングサービス株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 菊池 治, 外 (KIKUCHI, Osamu et al.); 〒1010038 東京都千代田区神田美倉町 3 番地 コスモビル 7 階 アイリス国際特許事務所 Tokyo (JP).

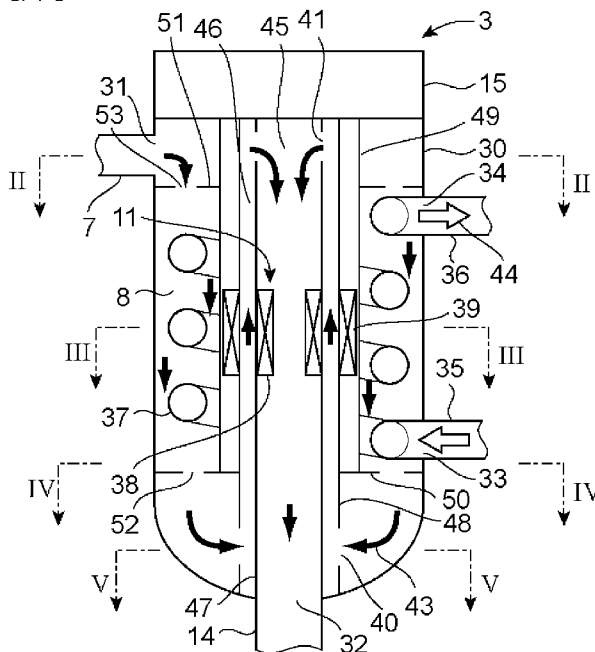
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM,

[続葉有]

(54) Title: COOLING DEVICE AND NUCLEAR STEAM SUPPLY SYSTEM

(54) 発明の名称: 冷却装置および原子力蒸気供給システム

【図1】



(57) Abstract: A cooling device (3) for cooling liquid metal with water is provided with an outer container (30), a cover (15), a partition tube (49), a heat transfer tube (37), an outer tube (48), an inner tube (47), and an electromagnetic pump (11). An injection opening (31) and discharge opening (32) for liquid metal, an inlet (33) and outlet (34) for water, and an opening closed by the cover (15) are formed in the outer container (30). The partition tube (49) is provided in the interior of the outer container (30). The heat transfer tube (37) extends in a spiral from the inlet (33) to the outlet (34) in the interior of the ring-shaped space between the outer container (30) and the partition tube (49). The inner tube (47) and the outer tube (48) connect in the space between the outer container (30) and the partition tube (49), and are divided into an outbound channel (46) extending toward the opening closed by the cover (15), and a return channel (45) extending toward the discharge opening (32) from the terminus of the outbound channel (46). The electromagnetic pump (11) applies propulsion in a manner such that the liquid metal flows from the outbound channel (46) toward the return channel (45).

(57) 要約:

[続葉有]



ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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 (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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

液体金属を水で冷却する冷却装置 (3) に、外容器 (30) と蓋 (15) と仕切筒 (49) と伝熱管 (37) と外管 (48) と内管 (47) と電磁ポンプ (11) とを備える。外容器 (30) には、液体金属の流入口 (31) および排出口 (32) と、水の入口 (33) および出口 (34) と、蓋 (15) で閉じられた開口部とが形成されている。仕切筒 (49) は、外容器 (30) の内部に設けられる。伝熱管 (37) は、外容器 (30) と仕切筒 (49) との間の環状の空間の内部で入口 (33) から出口 (34) までらせん状に延びる。内管 (47) と外管 (48) とは、外容器 (30) と仕切筒 (49) との間の空間に連通し、蓋 (15) で閉じられた開口部に向かって延びる往流路 (46) と、往流路 (46) の終端部から排出口 (32) に向かって延びる復流路 (45) とに区切っている。電磁ポンプ (11) は、液体金属を往流路 (46) から復流路 (45) に向かって流れるように推進力を与える。

明 細 書

発明の名称： 冷却装置および原子力蒸気供給システム

技術分野

[0001] 本発明は、液体金属を冷却媒体で冷却する冷却装置およびそれを用いた原子力蒸気供給システムに関する。

背景技術

[0002] 液体金属冷却原子炉では、原子炉冷却材としての一次冷却材が高レベルの放射能を帯びているため、一次冷却系と蒸気発生系は隔離されている。蒸気発生系では、液体金属と水との熱交換が必要不可欠であるが、この両者の接触により発生する化学反応熱は甚大であり、これを散逸させる必要がある。そこで、一次冷却系と蒸気発生系との間にさらに、二次冷却系を設置するのが通例である。

[0003] 液体金属冷却型原子炉の冷却装置は、たとえば原子炉容器とポンプ組込型中間熱交換器と蒸気発生器と機械式ポンプで構成されている。この冷却装置においては、機械式ポンプの可動部の消耗・劣化部材の交換を行うためのコストが発生する。また、蒸気発生器と機械式ポンプを接続する配管を引き回すスペースが必要となる。

[0004] そこで、機械式ポンプにかえて電磁ポンプを設置する方法がある。この電磁ポンプは、たとえば蒸気発生器と一体構造とすることで配管を削除することができる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第2915469号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 液体金属冷却原子炉の二次冷却系に蒸気発生器と機械式ポンプを設置すると、可動部の消耗・劣化部材の交換を行うためのコストが発生する。また、

両者を接続する配管を引き回すスペースが必要となる。

[0007] 二次冷却系に電磁ポンプを用いると、可動部がなくなるため、消耗・劣化部材の交換を行うためのコストが削減される。しかし、電磁ポンプと蒸気発生器とを一体構造とする場合、電磁ポンプ上部に構造物を配置すると、電磁ポンプの点検・補修などのためには、その構造物の取り外しなどが必要となり、点検・補修に要する時間およびコストが増加する。

[0008] そこで、本発明は、電磁ポンプで液体金属を循環させる冷却装置において、電磁ポンプの点検・補修が容易にできるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上述の目的を達成するため、本発明は、液体金属を冷却媒体で冷却する冷却装置において、開口部と前記液体金属の流入口および排出口と前記冷却媒体の入口および出口とが形成された外容器と、前記開口部を閉じる蓋と、前記外容器の内部を前記流入口と前記入口と前記出口とに面する第1空間と前記開口部と前記排出口とに面する第2空間とに仕切る仕切りと、前記第1空間の内部で前記入口から前記出口に延びる伝熱管と、前記第2空間を前記第1空間に連通して前記開口部に向かって延びる往路と前記往路の終端部から前記排出口まで延びる復路とに区切る構造体と、前記第2空間に配置されて前記液体金属を前記往路から前記復路に向かって流す電磁ポンプと、を有することを特徴とする。

[0010] また、本発明は、原子力蒸気供給システムにおいて、炉心を収めた原子炉容器と、液体金属を前記炉心で発生した熱で加熱して前記炉心を冷却する冷却系と、開口部と前記液体金属の流入口および排出口と水の入口および出口とが形成された外容器と、前記開口部を閉じる蓋と、前記外容器の内部を前記流入口と前記入口と前記出口とに面する第1空間と前記開口部と前記排出口とに面する第2空間とに仕切る仕切りと、前記第1空間の内部で前記入口から前記出口に延びる伝熱管と、前記第2空間を前記第1空間に連通して前記開口部に向かって延びる往路と前記往路の終端部から前記排出口まで延びる復路とに区切る構造体と、前記第2空間に配置されて前記液体金属を前記

往路から前記復路に向かって流す電磁ポンプと、を備えて前記出口から蒸気を排出する冷却装置と、を有することを特徴とする。

発明の効果

[0011] 本発明によれば、電磁ポンプで液体金属を循環させる冷却装置において、電磁ポンプの点検・補修が容易にできる。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本発明に係る冷却装置の第1の実施の形態の立断面を示す図2ないし図5のI-I矢視立断面図である。

[図2]図1のII-II矢視水平断面図である。

[図3]図1のIII-III矢視水平断面図である。

[図4]図1のIV-IV矢視水平断面図である。

[図5]図1のV-V矢視水平断面図である。

[図6]本発明に係る冷却装置の第1の実施の形態を用いた液体金属冷却型原子力蒸気発生システムのブロック図である。

[図7]本発明に係る冷却装置の第2の実施の形態の立断面を示す図8および図9のVII-VII矢視立断面図である。

[図8]図7のVIII-VIII矢視水平断面図である。

[図9]図7のIX-IX矢視水平断面図である。

発明を実施するための形態

[0013] 本発明に係る液体金属冷却型原子炉の冷却装置の実施の形態を、図面を参照して説明する。なお、同一または類似の構成には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0014] [第1の実施の形態]

図6は、本発明に係る冷却装置の第1の実施の形態を用いた液体金属冷却型原子力蒸気発生システムのブロック図である。

[0015] 本実施の形態の液体金属冷却型原子力蒸気発生システムは、原子炉容器1と、中間熱交換器2と、冷却装置3とを有している。原子炉容器1の内部には、原子炉の炉心が収められている。原子炉容器1と中間熱交換器2との間

には、一次冷却系 6 1 が設けられている。中間熱交換器 2 と冷却装置 3 との間には二次冷却系 6 2 が設けられている。一次冷却系 6 1 および二次冷却系 6 2 には、液体金属が循環している。中間熱交換器 2 には、液体金属を循環させるポンプが組み込まれている。

[0016] 原子炉で発生した熱は、一次冷却系 6 1 を循環する液体金属に回収される。一次冷却系 6 1 の原子炉で発生した熱を回収した液体金属は、中間熱交換器 2 で二次冷却系 6 2 を循環する液体金属と熱交換して、冷却される。一次冷却系 6 1 の中間熱交換器 2 で冷却された液体金属は、原子炉容器 1 に戻り、再び原子炉の冷却に用いられる。

[0017] 中間熱交換器 2 で一次冷却系 6 1 の液体金属と熱交換した二次冷却系 6 2 の液体金属は、冷却装置 3 で水を加熱する。つまり、この冷却装置 3 では、液体金属が冷却媒体である水によって冷却される。冷却装置 3 で加熱された水は、蒸気となって発電タービン（図示せず）に送られる。発電タービンを駆動した蒸気は、復水器（図示せず）で凝縮されて、冷却装置 3 に戻る。冷却装置 3 で水と熱交換して冷却された二次冷却系 6 2 の液体金属は、中間熱交換器 2 に戻る。

[0018] 図 1 は、本実施の形態における冷却装置の立断面を示す、図 2 ないし図 5 の I-I 矢視立断面図である。図 2 は、図 1 の II-II 矢視水平断面図である。図 3 は、図 1 の III-III 矢視水平断面図である。図 4 は、図 1 の IV-IV 矢視水平断面図である。図 5 は、図 1 の V-V 矢視水平断面図である。

[0019] 冷却装置 3 は、筒状の外容器 3 0 を有している。外容器 3 0 は、たとえば軸が鉛直方向に向くように配置された円筒である。なお、外容器 3 0 は、軸が水平方向に向くように配置してもよい。外容器 3 0 の一方の端部は閉じていて、他方の端部は開口している。

[0020] 外容器 3 0 の開口している端部は、蓋 1 5 で閉じられている。蓋 1 5 は、外容器 3 0 に例えばねじ等を用いて固定されている。蓋 1 5 は、熱膨張を吸収するためベローズを介して外容器 3 0 に固定してもよい。

[0021] 外容器 3 0 の側面には、流入口 3 1 が形成されている。流入口 3 1 には、

流入配管 7 が接続されている。外容器 30 の閉じた端部には、排出口 32 が形成されている。排出口 32 には、排出配管 14 が取り付けられている。

[0022] 流入配管 7 および排出配管 14 は、二次冷却系 62 の一部である。流入配管 7 には、中間熱交換器 2 で加熱された液体金属が流れる。排出配管 14 には、中間熱交換器 2 に戻る液体金属が流れる。

[0023] 外容器 30 の側面には、さらに、入口 33 および出口 34 が形成されている。外容器 30 の軸方向に、上から下に向かって、流入口 31、出口 34、入口 33 の順の高さの位置に形成されている。入口 33 には、水供給配管 35 が取り付けられている。出口 34 には、蒸気配管 36 が取り付けられている。

[0024] 水供給配管 35 には、復水器で凝縮された水が流れる。蒸気配管 36 には、発電タービンに送られる蒸気が流れる。

[0025] 外容器 30 の内部には、仕切筒 49 が設けられている。仕切筒 49 は、たとえば外容器 30 と同軸に配置された円筒である。外容器 30 の内部の空間は、仕切筒 49 によって外側の環状の第 1 空間と、その内側の柱状の第 2 空間に仕切られる。仕切筒 49 の外側の環状空間は、流入口 31 に面し開口している。また水供給配管 35 が外容器 30 を貫通し伝熱管 37 とつながっている。伝熱管 37 は、仕切筒 49 の外側の環状空間内を上昇した後、外容器 30 を貫通する蒸気配管 36 に接続されている。外容器 30 を貫通する水供給配管 35 および蒸気配管 36 の外周はそれぞれ外容器 30 とシールされている。また、仕切筒 49 の内側の空間は、最終的に内管 47 が外容器 30 を貫通する部分の排出口 32 に接続している。内管 47 の外周と外容器 30 とはシールされている。

[0026] 外容器 30 の内面と仕切筒 49 の外面との間の環状の空間内には、伝熱管 37 が延びている。伝熱管 37 は、たとえば環状の空間内を、外容器 30 および仕切筒 49 の軸に沿ってらせん状に延びている。

[0027] 仕切筒 49 の内側の空間には、外管 48 および内管 47 が延びている。外管 48 および内管 47 は、たとえば外容器 30 および仕切筒 49 と同軸に延

びる円管である。外管４８は、内管４７よりも径が大きい。外管４８および内管４７は、排出口３２の近傍で外容器３０に溶接などにより固定されている。内管４７と排出配管１４とは、一体として形成されてもよい。

[0028] 内管４７と外管４８との間には、往流路４６が形成されている。往流路４６は、外容器３０と仕切筒４９との間の環状空間に連通し、蓋１５で閉じられた外容器３０の開口部に向かって延びている。内管４７の内部は、排出口３２に連通した復流路４５となっている。復流路４５は、往流路４６の終端部から排出口３２に向かって延びている。

[0029] 伝熱管３７が配置された領域の軸方向の両側には、蒸気発生器底板５０および蒸気発生器天板５１が配置されている。外管４８および内管４７は、蒸気発生器底板５０および蒸気発生器天板５１を貫通して延びている。

[0030] 仕切筒４９は、蒸気発生器底板５０および蒸気発生器天板５１に溶接などによって固定されている。外管４８は、蒸気発生器底板５０に溶接などによって固定されていてもよい。

[0031] 蒸気発生器底板５０には、軸方向に貫通する貫通孔５２が形成されている。蒸気発生器天板５１には、軸方向に貫通する貫通孔５３が形成されている。蒸気発生器底板５０と蒸気発生器天板５１で挟まれる空間は、伝熱管３７を流れる水がその外部を流れる液体金属により加熱されて蒸気が発生する蒸気発生器８となっている。

[0032] 外管４８には、排出口３２に近い方の端部近傍に、取込口４０が形成されている。取込口４０は、たとえば周方向の異なる８か所に形成されている。内管４７の排出口３２に遠い方の端部近傍に吐出口４１が形成されている。吐出口４１は、たとえば周方向の異なる８か所に形成されている。

[0033] 外管４８の外側には、外コイル３９が設けられている。内管４７の内側には内コイル３８が設けられている。外コイル３９と内コイル３８とは、互いに対向するように設けられている。外コイル３９および内コイル３８は、外管４８と内管４７との間の環状流路に流れる液体金属に推進力を流す電磁ポンプ１１を構成している。環状流路に流れる液体金属に推進力を流すことが

できれば、外コイル 39 あるいは内コイル 38 のいずれか一方のみで電磁ポンプ 11 を構成してもよい。

[0034] 中間熱交換器 2 で一次冷却系 61 の液体金属と熱交換した二次冷却系 62 の液体金属は、流入配管 7 を通り、流入口 31 から冷却装置 3 に流入する。冷却装置 3 に流入した液体金属は、図 1 において太線の矢印 43 で示す方向に流れて、排出口 32 から排出配管 14 に流れ出す。

[0035] 冷却装置 3 に流入した液体金属は、まず、仕切筒 49 の外側の環状空間を流れる。流入口 31 から流入した液体金属は、蒸気発生器天板 51 に形成された貫通孔 53 を通過して、蒸気発生器 8 に流れ込む。蒸気発生器 8 の内部では、仕切筒 49 と外容器 30 との間の環状空間を流れる液体金属と、その環状空間に延びる伝熱管 37 を流れる水とが熱交換する。その結果、伝熱管 37 を流れる水は加熱され、液体金属は冷却される。

[0036] 入口 33 から流入した水は、図 1 において白抜きの矢印 44 で示す方向に流れて、伝熱管 37 の内部を流れ、出口 34 から排出される。伝熱管 37 を流れる水は、液体金属による加熱によって沸騰し、蒸気が発生する。発生した蒸気は、出口 34 から排出されて、発電タービンに送られる。

[0037] 蒸気発生器 8 の内部で水と熱交換した液体金属は、蒸気発生器底板 50 に形成された貫通孔 52 を通過して、外容器 30 の底部に流入する。外容器 30 の底部に流入した液体金属は、取込口 40 から外管 48 と内管 47 との間の環状の往流路 46 に流れ込む。外管 48 と内管 47 との間の往流路 46 を流れる液体金属は、電磁ポンプ 11 によって推進力を与えられる。電磁ポンプ 11 によって推進力を与えられた液体金属は、さらに往流路 46 を流れ、吐出口 41 から吐出される。吐出口 41 から吐出された液体金属は、内管 47 の内部の復流路 45 を流れて、排出口 32 を通過して、排出配管 14 に排出される。排出配管 14 に排出された液体金属は、中間熱交換器 2 に戻る。

[0038] 本実施の形態の冷却装置 3 は、液体金属に電磁ポンプ 11 で推進力を与えて循環させている。このため、機械式ポンプを用いた場合には必要な可動部がなくなる。その結果、機械式ポンプで循環させる場合に比べて、可動部の

消耗・劣化部材の交換に要するコストが低減される。また、可動部の消耗・劣化による機器の健全性の低下を抑制することができる。

[0039] 液体金属と水とが熱交換する蒸気発生器 8 の内部では、熱交換量を高めるため、水が流れる流路はなるべく大きい方が好ましい。しかし、水が流れる管の径を大きくすると、内側部分では熱伝達しにくい。一方、水が流れる管の径を小さくすると管が長大化する。そこで、本実施の形態では、液体金属と水とが熱交換する領域を環状に形成し、その環状の領域に伝熱管 37 をらせん状に配置している。その結果、水が流れる領域の流路を大きくしつつ、水と液体金属との伝熱管 37 を介した接触面積を高めて、熱交換の効率を高めている。

[0040] また、液体金属と水とが熱交換する領域を環状にすることにより、その環状部分の内側、すなわち、仕切筒 49 の内側に、電磁ポンプ 11 を配置することができる。このため、冷却装置 3 全体として、小型化することができる。

[0041] 液体金属は、外容器 30 と仕切筒 49 との間の空間を流れた後、仕切筒 49 の内部の空間に流れ込む。仕切筒 49 の内部の空間は、内管 47 および外管 48 によって、往流路 46 と復流路 45 とに区切られている。このため、液体金属の流れを仕切筒 49 の内部で折り返し、外容器 30 の開口部とは反対側に形成された排出口 32 から液体金属を排出することができる。つまり、環状の領域を通過して水と熱交換した液体金属を、外容器 30 の開口部側に配管を設けることなく、排出することができる。

[0042] その結果、仕切筒 49 の内側の空間に配置された液体金属に推進力を与える電磁ポンプ 11 は、蓋 15 を取り外すことにより、外容器 30 の開口部から容易にアクセスすることができる。さらに、外容器 30 の開口部側に液体金属を供給あるいは排出する配管が不要であるから、電磁ポンプ 11 を外容器 30 から容易に取り出すことができる。このため、電磁ポンプ 11 の点検あるいは交換を容易に行うことができる。

[0043] また、電磁ポンプ 11 は、環状の往流路 46 を流れる液体金属に推進力を

与える。このため、内コイル 38 と外コイル 39 との間の距離を短くすることができる。その結果、同じ流路面積を管状に形成した場合に比べて、推進力が与えられる液体金属とコイルとの距離が短くなり、電磁ポンプ 11 の効率、すなわち、単位入力エネルギーに対する液体金属に与えられる推進エネルギーが向上する。

[0044] 外容器 30 と仕切筒 49 との間の空間には、らせん状に伝熱管 37 が延びている。このため、この空間に流入した液体金属の流れは、周方向の成分も大きくなり、流入口 31 に対して仕切筒 49 を挟んで反対側にも流れやすくなる。このため、液体金属と水との熱交換量が増大する。

[0045] また、蒸気発生器 8 部分の上面は、蒸気発生器天板 51 で覆われている。したがって、外容器 30 の内部に導入された液体金属は、蒸気発生器天板 51 と蓋 15 との間の空間で周方向に分配された後に、貫通孔 53 を通って蒸気発生器 8 部分に流れ込む。このため、流入口 31 に対して仕切筒 49 を挟んで反対側にも流入口側と同様の流れを得やすくなる。このため、液体金属と水との熱交換量が増大する。

[0046] 蒸気発生器 8 部分を通過した液体金属は、さらに、仕切筒 49 の内側に回り込んで流れる。このため、仕切筒 49 の内部を流れる液体金属も間接的に伝熱管 37 を流れる水の加熱に寄与し、熱交換の効率が向上する。

[0047] 本実施の形態では、外管 48 と仕切筒 49 との間の空間には液体金属が流れないこととしている。しかし、外管 48 と仕切筒 49 との間の空間の端部と復流路 45 とを連通させる管などを設け、吐出口 41 を外管 48 にも設けることにより、外管 48 と仕切筒 49 との間の空間にも液体金属が流れるようにしてもよい。これにより、蒸気発生器 8 を通過中の液体金属と、蒸気発生器 8 を通過後の液体金属とが、仕切筒 49 を介してより直接的に熱交換をすることとなり、冷却装置 3 全体としての冷却効率を高めることができる。

[0048] [第 2 の実施の形態]

図 7 は、本発明に係る冷却装置の第 2 の実施の形態の立断面を示す図 8 および図 9 の VII-VII 矢視立断面図である。図 8 は、図 7 の VIII-VIII 矢視水

平断面図である。図 9 は、図 7 の IX－IX 矢視水平断面図である。

[0049] 本実施の形態の冷却装置 3 は、4 つの電磁ポンプ 11 を有している。また、4 つの電磁ポンプ 11 に対応して、4 組の内管 47 および外管 48 が設けられている。それぞれの電磁ポンプ 11 は、それぞれの内管 47 および外管 48 の間に形成された環状流路を流れる液体金属に推進力を与える。

[0050] また、この冷却装置 3 は、底板 54、回収板 55 および回収管 56 を有している。底板 54 は、外容器 30 の軸に垂直な円形の平板であって、外容器 30 の底部近傍に設けられている。底板 54 の外縁は、外容器 30 の内面に接している。回収板 55 は、外容器 30 の軸に垂直な円形の平板であって、仕切筒 49 の端部に設けられている。回収板 55 の外縁は、仕切筒 49 の端部に接している。

[0051] 内管 47 の端部は、底板 54 に固定されている。底板 54 には、内管 47 の内部と連通する貫通孔が形成されている。また、回収管 56 は、底板 54 と回収板 55 との間に延びている。底板 54 および回収板 55 には、回収管 56 の内部と連通する貫通孔が形成されている。外管 48 は、回収板 55 に固定されている。回収板 55 には、外管 48 の内部と連通する貫通孔が形成されている。

[0052] 外管 48 の回収板 55 側の端部と内管 47 との間は、環状の取入口 42 となっている。この取入口 42 から外管 48 および内管 47 の外容器 30 の開口部に近い方の端部に向かって液体金属の往流路 46 が形成されている。外管 48 および内管 47 の外容器 30 の開口部に近い方の端部近傍には、それぞれ周方向の異なる位置に複数の吐出口 41 が形成されている。仕切筒 49 の内側であって、外管 48 の外側の領域は、液体金属の復流路 45 となっている。内管 47 の内部も復流路 45 となっている。

[0053] 仕切筒 49 は、たとえば蓋 15 に固定され、外容器 30 の内部に吊り込まれている。また、内管 47 および外管 48 は、たとえば蓋 15 に固定され、仕切筒 49 の内側の空間に配置される。なお、本実施の形態では、第 1 の実施の形態における蒸気発生器底板 50（図 1 参照）および蒸気発生器天板 5

1（図1参照）は設けていない。

[0054] それぞれの外管48には、流量計24が取り付けられている。流量計24は、たとえば電磁ポンプ11の上流側に設けられている。流量計24は、内管47と外管48との間の環状の往流路46を流れる液体金属の流速を測定する。それぞれの電磁ポンプ11は、流量計24で測定された流速に基づいて駆動力が調整される。

[0055] 冷却装置3に流入した液体金属は、まず、仕切筒49の外側の環状空間に設けられた蒸気発生器8に流れ込む。蒸気発生器8の内部では、仕切筒49と外容器30との間の環状空間を流れる液体金属と、その環状空間にらせん状に延びる伝熱管37を流れる水とが熱交換する。その結果、伝熱管37を流れる水は加熱され、液体金属は冷却される。

[0056] 入口33から流入した水は、伝熱管37の内部を流れ、液体金属による加熱によって沸騰し、蒸気が発生する。発生した蒸気は、出口34から排出されて、発電タービンに送られる。

[0057] 蒸気発生器8の内部で水と熱交換した液体金属は、仕切筒49の下端を通過して、底板54と回収板55との間の空間に流入する。底板54と回収板55との間の空間に流入した液体金属は、取込口42から外管48と内管47との間の環状の往流路46に流れ込む。外管48と内管47との間の往流路46を流れる液体金属は、電磁ポンプ11によって推進力を与えられる。電磁ポンプ11によって推進力を与えられた液体金属は、さらに往流路46を流れ、内管47および外管48に形成された吐出口41から吐出される。

[0058] 吐出口41から吐出された液体金属は、内管47の内部および外管48の外部の復流路45を回収板55に向かって流れる。さらに液体金属は、回収板55に形成された貫通孔およびそれらの貫通孔に連通する回収管56を通過して、底板54と外容器30の底部との間の空間に回収される。底板54と外容器30の底部との間の空間に回収された液体金属は、排出口32を通過して、排出配管14に排出される。排出配管14に排出された液体金属は、中間熱交換器2に戻る。

[0059] 本実施の形態の冷却装置 3 では、複数の電磁ポンプ 1 1 によって液体金属に電磁ポンプ 1 1 で推進力を与えて循環させている。このため、何らかの不具合により一部の電磁ポンプ 1 1 がトリップした場合であっても、残りの電磁ポンプ 1 1 によって液体金属を循環させることができる。その結果、原子炉の炉心を適切に冷却することができ、原子炉の安全性がより向上する。

[0060] [他の実施の形態]

上述の各実施の形態は単なる例示であり、本発明はこれらに限定されない。また、各実施の形態の特徴を組み合わせて実施することもできる。

符号の説明

[0061] 1…原子炉容器、2…中間熱交換器、3…冷却装置、7…流入配管、8…蒸気発生器、11…電磁ポンプ、14…排出配管、15…蓋、24…流量計、30…外容器、31…流入口、32…排出口、33…入口、34…出口、35…水供給配管、36…蒸気配管、37…伝熱管、38…内コイル、39…外コイル、40…取込口、41…吐出口、42…取込口、45…復流路、46…往流路、47…内管、48…外管、49…仕切筒、50…蒸気発生器底板、51…蒸気発生器天板、52…貫通孔、53…貫通孔、54…底板、55…回収板、56…回収管、61…一次冷却系、62…二次冷却系

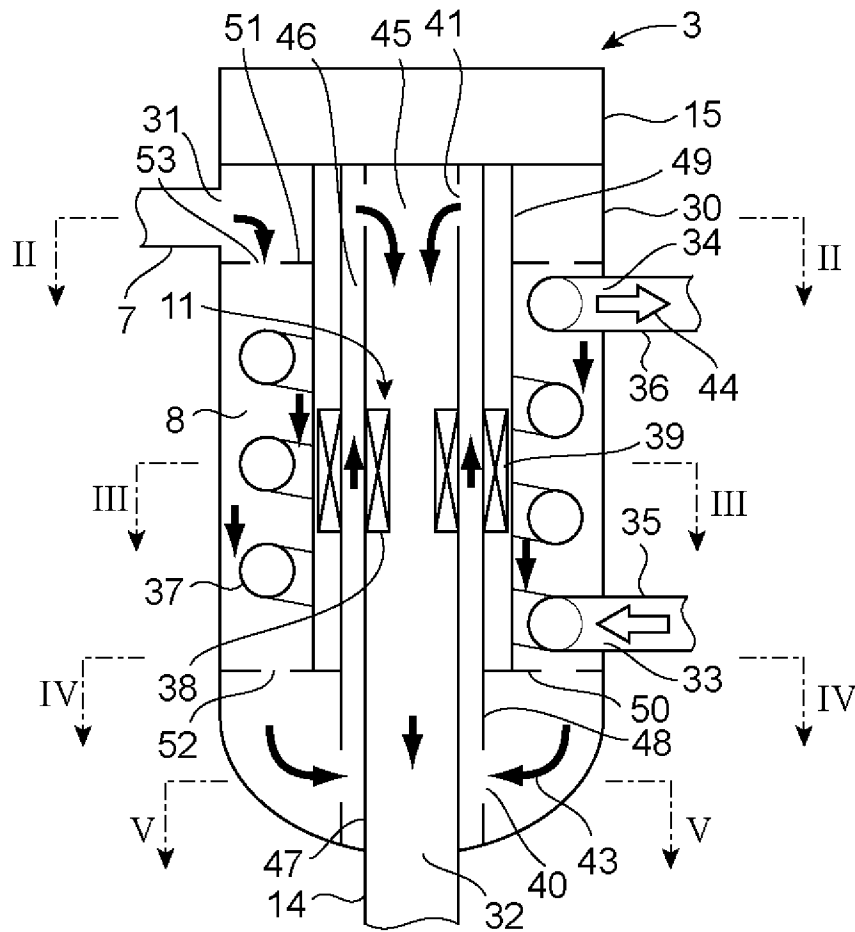
請求の範囲

- [請求項1] 液体金属を冷却媒体で冷却する冷却装置において、
開口部と前記液体金属の流入口および排出口と前記冷却媒体の入口および出口とが形成された外容器と、
前記開口部を閉じる蓋と、
前記外容器の内部を前記流入口と前記入口と前記出口とに面する第1空間と前記開口部と前記排出口とに面する第2空間とに仕切る仕切りと、
前記第1空間の内部で前記入口から前記出口に延びる伝熱管と、
前記第2空間を前記第1空間に連通して前記開口部に向かって延びる往路と前記往路の終端部から前記排出口まで延びる復路とに区切る構造体と、
前記第2空間に配置されて前記液体金属を前記往路から前記復路に向かって流す電磁ポンプと、
を有することを特徴とする冷却装置。
- [請求項2] 前記外容器は円筒状に形成され、前記仕切りは円筒状に形成されて前記外容器と同軸に配置され、前記伝熱管は前記仕切りの軸に沿ってらせん状に延びていることを特徴とする請求項1に記載の冷却装置。
- [請求項3] 前記構造体は環状の流路を形成する部分を含み、前記電磁ポンプは前記環状の流路を流れる前記液体金属に推進力を与えるものであることを特徴とする請求項1に記載の冷却装置。
- [請求項4] 前記電磁ポンプは複数であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載の冷却装置。
- [請求項5] 炉心を収めた原子炉容器と、
液体金属を前記炉心で発生した熱で加熱して前記炉心を冷却する冷却系と、
開口部と前記液体金属の流入口および排出口と水の入口および出口とが形成された外容器と、前記開口部を閉じる蓋と、前記外容器の内

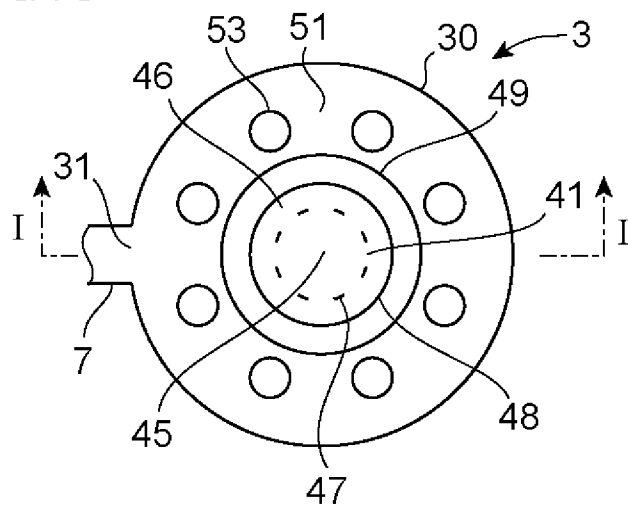
部を前記流入口と前記入口と前記出口とに面する第 1 空間と前記開口部と前記排出口とに面する第 2 空間とに仕切る仕切りと、前記第 1 空間の内部で前記入口から前記出口に延びる伝熱管と、前記第 2 空間を前記第 1 空間に連通して前記開口部に向かって延びる往路と前記往路の終端部から前記排出口まで延びる復路とに区切る構造体と、前記第 2 空間に配置されて前記液体金属を前記往路から前記復路に向かって流す電磁ポンプと、を備えて前記出口から蒸気を排出する冷却装置と、

を有することを特徴とする原子力蒸気供給システム。

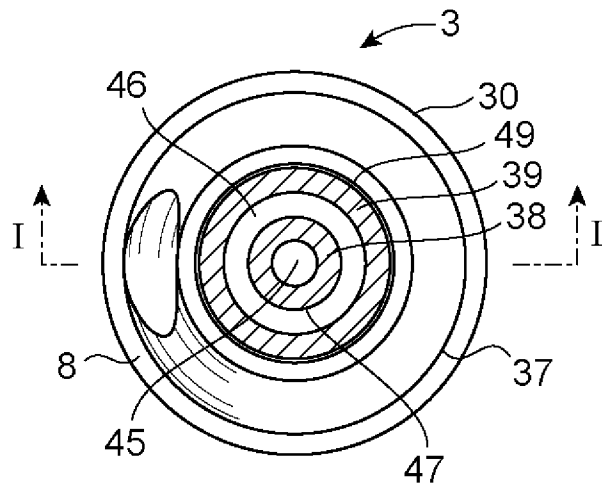
[図1]



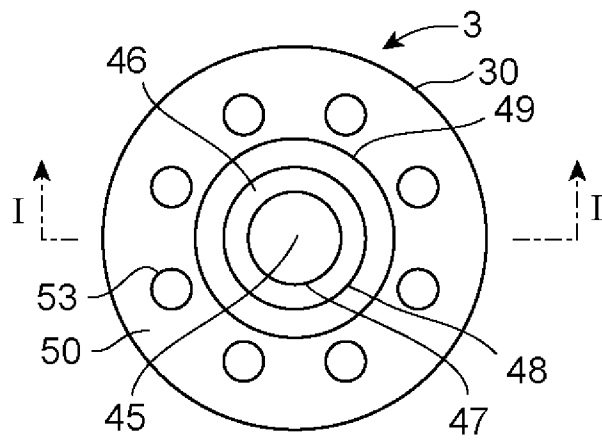
[図2]



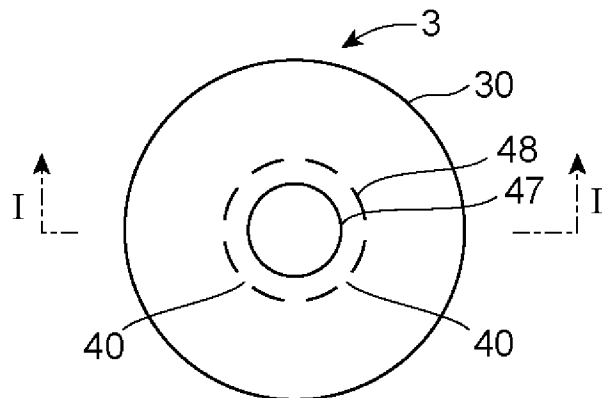
[図3]



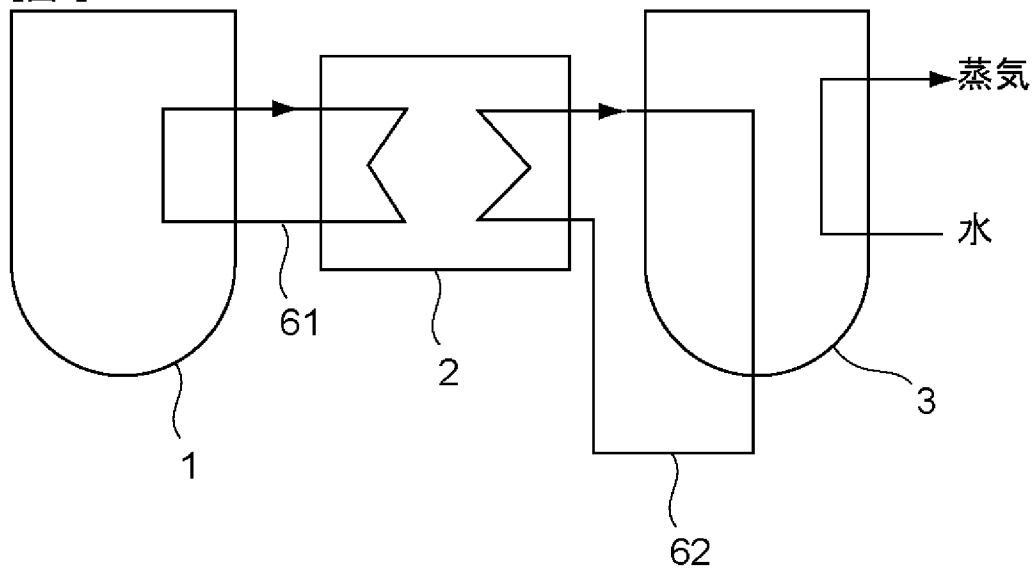
[図4]



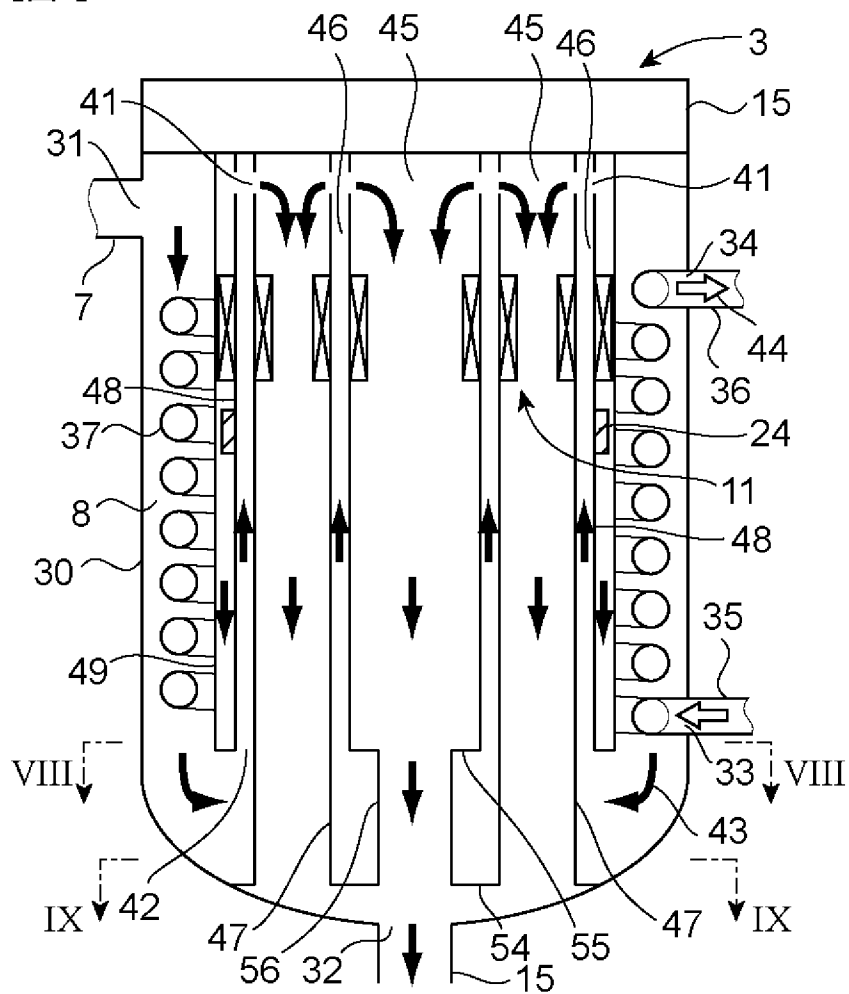
[図5]



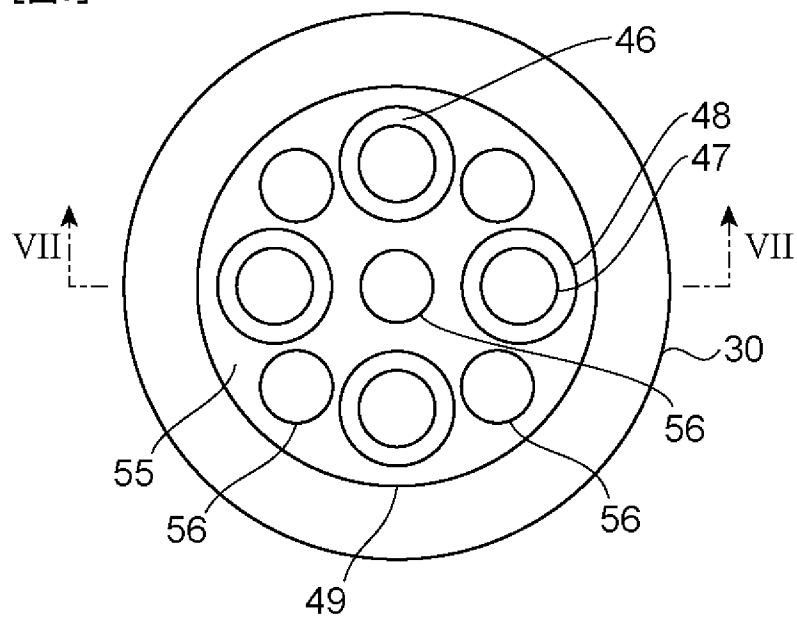
[図6]



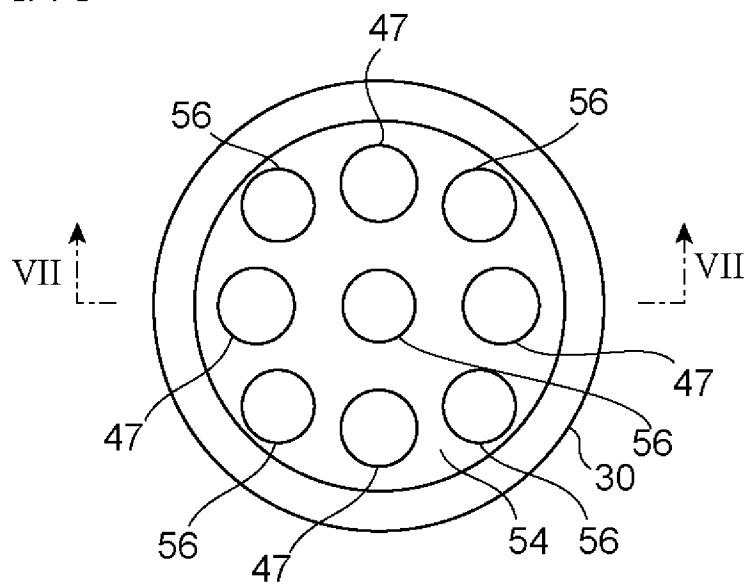
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/005878

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21D1/00(2006.01)i, F22B1/06(2006.01)i, G21C15/247(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)

G21D1/00, F22B1/06, G21C15/247

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	JP 11-30686 A (Toshiba Corp.),	1-5
Y	02 February 1999 (02.02.1999), paragraphs [0008], [0020] to [0075]; fig. 1 to 19 (Family: none)	1-5
Y	JP 8-54101 A (Toshiba Corp.), 27 February 1996 (27.02.1996), entire text; all drawings (Family: none)	1-5
Y	JP 6-86532 A (Toshiba Corp.), 25 March 1994 (25.03.1994), entire text; all drawings (Family: none)	1-5



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
16 January, 2012 (16.01.12)

Date of mailing of the international search report
24 January, 2012 (24.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/005878

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:

The invention of claim 1 of this application cannot be considered to have novelty and inventiveness in the light of the document 1 (JP 11-30686 A) which is cited in this international search report, cannot be considered to make a contribution over the art disclosed in the document 1, and does not have a special technical feature. Consequently, the inventions of claims 1-5 do not involve one or more of the same or corresponding special technical features, and therefore cannot be considered to comply with unity of invention.

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 additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the 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（I P C））

Int.Cl. G21D1/00(2006.01)i, F22B1/06(2006.01)i, G21C15/247(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（I P C））

Int.Cl. G21D1/00, F22B1/06, G21C15/247

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 11-30686 A（株式会社東芝）1999.02.02, 段落 0008, 0020-0075,	1-5
Y	図 1-19（ファミリーなし）	1-5
Y	JP 8-54101 A（株式会社東芝）1996.02.27, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-5
Y	JP 6-86532 A（株式会社東芝）1994.03.25, 全文, 全図（ファミリーなし）	1-5

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

1 6 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

山口 敦司

2 I

9 2 1 6

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 3

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。

この出願の請求項1に係る発明は、国際調査報告で引用された文献1（JP 11-30686 A）から新規性・進歩性が認められず、この文献1記載の技術に対して貢献をしているとはいえず、特別な技術的特徴を有しない。したがって、請求項1-5に係る発明の間には、一以上の同一又は対応する特別な技術的特徴が含まれず、発明の単一性を認めることができない。

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。