

(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2013-221771

(P2013-221771A)

(43) 公開日 平成25年10月28日(2013.10.28)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
G 2 1 C 9/016 (2006.01) G 2 1 C 9/00 H 2 G 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-91666 (P2012-91666) (22) 出願日 平成24年4月13日 (2012.4.13)</p>	<p>(71) 出願人 507250427 日立GEニュークリア・エナジー株式会社 茨城県日立市幸町三丁目1番1号 (74) 代理人 110000350 ポレール特許業務法人 (72) 発明者 大塚 雅哉 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内 (72) 発明者 木藤 和明 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内 (72) 発明者 茶木 雅夫 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株 式会社日立製作所日立研究所内 Fターム(参考) 2G002 BA07</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 原子炉設備

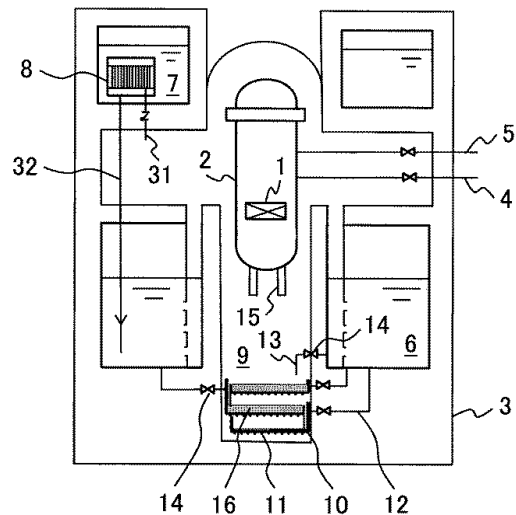
(57) 【要約】

【課題】本発明では、大量の溶融炉心の落下物が発生し、原子炉压力容器から漏れ出た場合でも、溶融炉心の落下物を受け止めて冷却できるコンパクトな手段を提供する。また、溶融炉心の落下物は酸化物と金属の混合物であり、後処理の観点から、酸化物と金属をあらかじめ分離する。

【解決手段】原子炉压力容器下部に、底部を密閉した受け皿を鉛直方向に複数配置し、上部の受け皿の端部に堰を設けて、溢れた溶融炉心を下部の受け皿で受け止めて冷却する複数層構造とする。

【選択図】 図 1

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

燃料が装荷された炉心と、炉心を格納する原子炉圧力容器と、原子炉圧力容器を格納する原子炉格納容器を有する原子炉設備であって、

前記原子炉格納容器内部の前記原子炉圧力容器の直下部に、底部を密閉した前記炉心の溶融物の受け皿を鉛直方向に複数配置したことを特徴とする原子炉設備。

【請求項 2】

請求項 1 記載の原子炉設備であって、

前記複数の受け皿の端部に堰を有する開口部を設け、相隣り合う受け皿の開口部が鉛直方向に並ばないように配置したことを特徴とする原子炉設備。

10

【請求項 3】

請求項 1 および 2 記載の原子炉設備であって、

前記受け皿を傾斜させたことを特徴とする原子炉設備。

【請求項 4】

請求項 3 記載の原子炉設備であって、

前記原子炉圧力容器の直下部に鉛直方向に設けた複数の受け皿は、上層の受け皿の傾斜方向に対してその下層の受け皿の傾斜方向が逆方向とされていることを特徴とする原子炉設備。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の原子炉設備であって、

前記受け皿に冷却流路を設け、該冷却流路に冷却材を導くことを特徴とする原子炉設備

20

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の原子炉設備であって、

少なくとも最上層の受け皿の底部に冷却材を投入することを特徴とする原子炉設備。

【請求項 7】

燃料が装荷された炉心と、炉心を格納する原子炉圧力容器と、原子炉圧力容器を格納する原子炉格納容器と、格納容器内に設置された冷却材タンクを有する原子炉設備であって、

前記原子炉格納容器内部の前記原子炉圧力容器の直下部に、底部を密閉した前記炉心の溶融物の受け皿を鉛直方向に複数配置し、該受け皿に冷却流路を設け、該冷却流路を前記冷却材タンクと連結し、前記冷却材タンクの冷却材を前記冷却流路に導くことを特徴とする原子炉設備。

30

【請求項 8】

請求項 7 記載の原子炉設備であって、

前記複数の受け皿の端部に堰を有する開口部を設け、相隣り合う受け皿の開口部が鉛直方向に並ばないように配置したことを特徴とする原子炉設備。

【請求項 9】

請求項 7 または 8 記載の原子炉設備であって、

前記受け皿を傾斜させたことを特徴とする原子炉設備。

40

【請求項 10】

請求項 9 記載の原子炉設備であって、

前記冷却流路の低い側端部に入口ノズル、高い側端部に出口ノズルを設け、前記入口ノズルと前記冷却材タンクとを連結し、前記冷却材タンクの冷却材を前記冷却流路に導いて前記堰と前記受け皿を冷却し、前記受け皿の周りに排出することを特徴とする原子炉設備

【請求項 11】

底部を密閉し、端部に立ち上がり部を備えるとともに、端部の立ち上がり部の一部が他の部位の立ち上がり部よりも低い位置とされた受け皿を、原子炉圧力容器を格納する原子炉格納容器の前記原子炉圧力容器直下部に鉛直方向に複数配置し、かつ下の層の前記受け

50

皿の底部が、上の層の前記受け皿の前記低い位置の立ち上がり部の下に位置することを特徴とする原子炉設備。

【請求項 1 2】

請求項 1 1 記載の原子炉設備であって、
前記受け皿に冷却流路を設け、冷却水を流すことを特徴とする原子炉設備。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 記載の原子炉設備であって、
前記冷却流路は、受け皿の低い側に入口部、高い側に出口部を配して、強制的に冷却水を流入せしめるとともに、排出後の冷却水を受け皿の底部に導入することを特徴とする原子炉設備。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の原子炉設備であって、
少なくとも最上層の受け皿の底部に冷却材を投入することを特徴とする原子炉設備。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は原子力発電所の原子炉設備に係り、特に、炉心溶融時の安全性確保に好適な原子炉設備に関する。

【背景技術】

【0002】

原子力発電所の原子炉設備においては、設計基準を超える苛酷な事故時の対策が求められる方向にある。このような事故の例としては、格納容器内の炉心が溶融した場合が想定される。

20

【0003】

このような苛酷事故に対する公知技術としては、炉心下部に炉心溶融物を受け止めて冷却する設備が提案されている。特許文献 1 では、溶融炉心の落下物を原子炉圧力容器内の下部受け皿で受け止めて冷却する。受け皿には複数の孔が設けられ、炉心溶融物の崩壊熱によって冷却材の温度が上昇し、この浮力によって複数の孔を通る上昇流が形成されて炉心溶融物を自然循環冷却する。

【0004】

また、特許文献 2 では、溶融炉心の落下物の受け皿を原子炉圧力容器外の格納容器底部に設置している。この例では、受け皿の面積を大きくすることによって溶融炉心の落下物の堆積を防止するとともに、溶融炉心の冷却表面積を増加させて冷却している。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】米国特許 4 1 1 6 7 6 4 号公報

【特許文献 2】米国特許 5 9 0 7 5 8 8 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0006】

特許文献 1 では受け皿を鉛直方向に複数設けているが、この受け皿には多数の孔が設けられているため、強度上重量物を支持するのに適していない。つまり、苛酷事故により大量の炉心溶融物が落下する場合を想定しておらず、また、さらに事象が進展して、原子炉圧力容器が破損して格納容器に溶融炉心が落下する場合を想定していない。

【0007】

また特許文献 2 の手法に関して、受け皿の健全性確保の観点から、堆積厚さや熱流束が制限条件として要求されてきている。このため、特に熱出力の大きな原子炉では、受け皿の設置面積が大きくなり、格納容器の床面積が増加して格納容器が大型化するという新たな課題を生じる。

50

【0008】

なお、溶融炉心の落下物は酸化物と金属の混合物である。このため後処理の観点からは、酸化物と金属をあらかじめ分離できるものであることが望ましい。

【0009】

以上のことから本発明では、大量の溶融炉心の落下物が発生し、原子炉圧力容器から漏れ出た場合でも、溶融炉心の落下物を受け止めて冷却できるコンパクトな手段を備えた原子炉設備を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記目的を達成するため本発明は、原子炉圧力容器下部に、底部を密閉した受け皿を鉛直方向に複数配置し、上部の受け皿の端部に堰を設けて、溢れた溶融炉心を下部の受け皿で受け止めて冷却する複数層構造とする。

10

【0011】

また、本発明は、上記目的を達成するため受け皿を傾斜させることにより溶融物の落下を容易にし、溶融炉心の落下物が受け皿に堆積することを防止する。

【発明の効果】

【0012】

これにより、原子炉圧力容器から大量の溶融炉心の落下物が発生した場合でも、格納容器の床面積を増加させることなく、溶融炉心の落下物を受け止めて冷却することができる。

20

【0013】

また、溶融炉心の落下物が密度差の違いにより成層分離することを利用して、金属が多く含まれる上部の軽い物質を上部の受け皿から溢れさせて下部の受け皿で受けることにより、酸化物と金属を受け皿ごとにあらかじめ分離することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の実施例1の原子炉設備の全体構成を示す図。

【図2】実施例1の複数の受け皿10の拡大図。

【図3】円筒状の仕切り18で囲まれた空間9内における受け皿の平面形状を示す図。

【図4】実施例2の複数の受け皿10の拡大図。

30

【図5】実施例2の受け皿の平面図。

【図6】実施例2の複数の受け皿10に冷却水供給する図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本発明を沸騰水型原子炉に適用した場合の例を示す。実施例では、沸騰水型原子炉の例を示したが、加圧水型原子炉にも適用することが可能である。

【実施例1】

【0016】

図1に、本発明の実施例1の原子炉設備の全体構成を示す。ウラン燃料が装荷された炉心1は原子炉圧力容器2内に設置され、原子炉圧力容器2は、原子炉格納容器3に格納されている。冷却材である水は、給水ライン4から原子炉圧力容器2へ供給され、炉心1の発熱によって沸騰蒸気が発生し、主蒸気ライン5から図示していないタービンへ送られて発電する。

40

【0017】

原子炉格納容器3の内部には、格納容器内の蒸気を凝縮させて圧力を下げるための圧力抑制プール6が設置されている。また原子炉格納容器3の内部には、熱交換器8を備えた格納容器冷却プール7が設置されている。格納容器冷却プール7内部の熱交換器8には、配管31を介して原子炉格納容器3内の蒸気が導かれ、冷却、凝縮された凝縮水が配管32を介して圧力抑制プール6に導かれる。

【0018】

50

原子炉压力容器 2 の底部には、制御棒駆動機構 1 5 が設けられている。また原子炉格納容器 3 の原子炉压力容器 2 直下の空間 9 には、底部を密閉した受け皿 1 0 が鉛直方向に複数配置されている。受け皿 1 0 には冷却管 1 1 が設置され、圧力抑制プール 6 内の水を配管 1 2 により冷却管 1 1 内に導いて受け皿 1 0 を冷却する。また受け皿 1 0 には、配管 1 3 から圧力抑制プール 6 内の水を直接導入する。

【 0 0 1 9 】

配管 1 2、1 3 には弁 1 4 が取り付けられ、弁 1 4 は事故時に開かれる。このようにして事故時に配管 1 2 により受け皿 1 0 を冷却した水および、圧力抑制プール 6 から配管 1 3 により導入された水は、原子炉压力容器 2 の下部空間 9 内を満たし、受け皿 1 0 を冠水させる。

10

【 0 0 2 0 】

図 2 に、複数の受け皿 1 0 の拡大図を示す。複数の受け皿 1 0 は、例えば鉛直方向に 3 層 (1 0 a , 1 0 b , 1 0 c) に構成されている。各受け皿 1 0 は、底部を密閉しかつ端部が立ち上がっている。かつ立ち上がり部の高さは、端部の一部分が低くなるように構成されている。これにより受け皿 1 0 a , 1 0 b は、堰 1 7 a , 1 7 b を形成している。

【 0 0 2 1 】

つまり、図 2 の受け皿 1 0 a の例で言うと、右側端部の立ち上がり高さよりも左側端部の立ち上がり高さが低いことによって左側端部に堰 1 7 a を形成している。同様に受け皿 1 0 b では、左側端部の立ち上がり高さよりも右側端部の立ち上がり高さが低いことによって右側端部に堰 1 7 b を形成している。なお、受け皿 1 0 には受け皿 1 0 を冷却するための冷却管 1 1 が敷設されている。

20

【 0 0 2 2 】

この構造とすることにより、上層の受け皿に落下した溶融物は、受け皿表面を流れ落ちながら冷却されて次の層の受け皿に落下し、ここでも受け皿表面を流れ落ちながら冷却される。

【 0 0 2 3 】

先にも述べたが、原子炉の事故時には、制御棒駆動機構 1 5 によって制御棒が炉心 1 に挿入されて核分裂反応は停止するが、核分裂生成物の崩壊に伴う崩壊熱によって発熱が持続する。この崩壊熱を十分冷却できない場合には、炉心 1 が溶融する苛酷事故に至る。

【 0 0 2 4 】

係る状態において受け皿 1 0 は、原子炉压力容器 2 から落下してくる溶融炉心の落下物 1 6 を受け止める。上層受け皿 1 0 a に設けられた堰 1 7 a では、その立ち上がり高さ以上の高さの溶融炉心の落下物 1 6 は堰 1 7 a を越えて下部の中層受け皿 1 0 b に落下する。下部の中層受け皿 1 0 b に設けられた堰 1 7 a でも、その立ち上がり高さ以上の高さの溶融炉心の落下物 1 6 は堰 1 7 b を越えてさらに下部の下層受け皿 1 0 c に落下する。

30

【 0 0 2 5 】

図 3 に、円筒状の仕切り 1 8 で囲まれた空間 9 内における受け皿の平面形状を示す。ここで、仕切り 1 8 により、図 2 に示した受け皿 1 0 の端部の立ち上がり部のうち、立ち上がり高さが高い側を形成する。また、平面形状の一部には堰 1 7 が設けられる。堰 1 7 により、空間 9 の平面を受け皿部分 1 0 と開口部分 1 9 とに分離形成している。仕切られた受け皿部分 1 0 は底部を密閉しており、開口部分 1 9 は開放している。堰 1 7 は、受け皿 1 0 の端部の立ち上がり部のうち、立ち上がり高さの低い側で形成されている。

40

【 0 0 2 6 】

具体的には、最上層の受け皿 1 0 a の端面には開口部 1 9 a が設けられ、堰 1 7 a で仕切られている。中間層の受け皿 1 0 b は、上部の開口部 1 9 a からの溶融炉心の落下物 1 6 を受け止められるように、開口部 1 9 b は開口部 1 9 a とは異なる位置 (図 3 では反対側) に設けられ、堰 1 7 b で仕切られている。最下層の受け皿 1 0 c には開口部は設けられていない。

【 0 0 2 7 】

受け皿 1 0 a、1 0 b は、円筒状の仕切り 1 8 の周囲を利用して取り付けられ、支持す

50

ることが可能である。また、受け皿 10 c は原子炉格納容器 3 の底面で支持できる。このように、受け皿 10 を原子炉格納容器 3 の底面で支持し、あるいは円筒状の仕切り 18 の周囲を利用して取り付けることにより、苛酷事故で大量の溶融炉心の落下物 16 を受け止めることになった場合の構造上の強度を確保することが可能である。

【0028】

また本実施例では、受け皿 10 に堆積した溶融炉心の落下物 16 は、圧力抑制プール 6 から配管 12, 13 を経由した注水によって冷却される。このため全量固化せず一部が溶融した状態であっても、堰 17 の高さ以上に溶融炉心の落下物 16 が堆積することはなく、コンパクトな構造で堆積厚さを制限して受け皿を健全に保つことが可能になる。

【0029】

また、溶融炉心の落下物 16 が密度差の違いにより受け皿 10 内で成層分離するため、例えば、金属が多く含まれる上部の軽い物質を上部の受け皿 10 a から溢れさせて下部の受け皿 10 b で受けることにより、酸化物と金属を受け皿 10 a、10 b、10 c ごとに分離することができる。これにより、溶融炉心の落下物 16 の処理が容易になる。

【0030】

具体的に説明すると、溶融炉心からの落下物はウラン酸化物 UO_2 や金属 Fe, Zr, B などであるが、上記構造により最上層の受け皿 10 a にはウラン酸化物 UO_2 、最下層の受け皿 10 c には金属 Fe, Zr, B 、中間層の受け皿 10 b には、ウラン酸化物 UO_2 と金属 Fe, Zr, B といったように分離することができる。

【0031】

なおこの場合に、圧力抑制プール 6 の水は、空間 9 内に注水された後、溶融炉心の落下物 16 の崩壊熱で蒸気となり、熱交換器 8 で凝縮して圧力抑制プール 6 に再び戻る。圧力抑制プール 6 および格納容器冷却プール 7 の水が枯渇しない限り、溶融炉心の落下物 16 の冷却を持続することができる。

【0032】

本実施例では、受け皿を高さ方向 3 層にした例を示したが、2 層以上であれば同様な機能を達成可能であり、溶融炉心の落下物 16 の容量に応じて層の数を定めることができる。

【0033】

また、本実施例では、水源として圧力抑制プール 6、格納容器冷却プールを用いたが、重力落下プールなど、利用可能な他の水源を用いることも可能である。

【実施例 2】

【0034】

本発明では、受け皿を鉛直方向に複数配置するが、実施例 1 での受け皿は水平配置して端部の立ち上がり高さを異ならせることで堰を構成していた。これに対し実施例 2 では、受け皿を水平配置しない、つまり傾斜型受け皿とすることで実質的に堰を設けている。

【0035】

実施例 2 の傾斜型受け皿 20 の平面図を図 5 に示し、図 5 の A - A' 断面を図 4 に示す。また図 6 には、図 5 の B - B' 断面を示す。なお、B - B' 断面と A - A' 断面との相違は、冷却水の入口部を示しているか否かの点で相違している。

【0036】

ここで、傾斜型受け皿 20 の全体構成の特徴（傾斜型といわれる所以を表した図）は図 6 にもっともよく表れているので、この図から説明する。図 6 において、20 a、20 b、20 c は鉛直方向に配置された複数の傾斜型受け皿である。上層受け皿 20 a は、図示右側が高く、左側が低くなるように配置されている。中層受け皿 20 b は、図示右側が低く、左側が高くなるように配置されている。下層受け皿 20 c は上層受け皿 20 a と同じ方向に傾斜されており、図示右側が高く、左側が低くなるように配置されている。

【0037】

つまり、原子炉圧力容器の直下部に鉛直方向に設けた複数の受け皿は、上層の受け皿の傾斜方向に対してその下層の受け皿の傾斜方向が逆方向とされている。これにより、上層

10

20

30

40

50

受け皿 20 a の左側端部と、中層受け皿 20 b の右側端部に実質的に堰 17 a , 17 b を形成する。

【0038】

この構造とすることにより、上層の受け皿に落下した溶融物は、受け皿表面を流れ落ちながら冷却されて次の層の受け皿に落下し、ここでも受け皿表面を流れ落ちながら冷却される。

【0039】

実施例 2 の場合に、図 1 の受け皿 10 の冷却管 11 の機能は、傾斜型受け皿 20 の冷却流路 21 a が果たす。冷却流路 21 a は、傾斜型受け皿 20 a、20 b、20 c のそれぞれの肉厚部分を利用してその内部に形成される。そして端部の高い側に出口配管 25 a が、端部の低い側（堰 17 a を構成した側）に入口配管 22 a が取り付けられる。

10

【0040】

傾斜型受け皿 20 a、20 b、20 c のそれぞれの端部の低い側に設けられた入口配管 22 a には配管 12、弁 14 を介して圧力抑制プール 6 からの冷却水が強制導入され、出口配管 25 a から強制排出される。これにより、冷却水 23 は溶融炉心の落下物 16 を冷却した後、他方の端部に設けられた出口配管 24 a から空間 9（図 1）へ流出する。下層の受け皿 20 b、20 c も同様の構造であり、それぞれ個別に冷却される排出された冷却水は傾斜型受け皿 20 a、20 b、20 c の表面を流れ落ち、堰 17 a から溢れて、次層の傾斜型受け皿 20 b に流入する。これにより排出後の冷却水は溶融物の冷却に貢献する。

20

【0041】

空間 9 へ流出した冷却水 23 よび配管 13 からの冷却水は空間 9 を満たし、溶融炉心の落下物 16 を冠水する。空間 9 内の水面と圧力抑制プール内の水面が同一になるまで冷却水の注水は継続される。その後は、冷却通路 21 a で冷却水が加熱されるために上昇流となり、空間 9 内部での自然対流によって溶融炉心の落下物 16 が冷却される。

【0042】

図 5 において、入口配管 22 a が見えている B - B' 断面の構成は図 6 に示した通りである。これに対し、図 5 の平面図によれば堰 17 a は、受け皿部分 10 a と、開口部分 19 a を仕切っているだけではない。入口配管 22 a から流入した冷却水を他の冷却流路 21 a に導くためのヘッダとしても機能している。この結果、冷却水は 22 a - 17 a - 21 a - 25 a のラインにも流入して受け皿全体の冷却に貢献する。

30

【0043】

A - A' 断面を示す図 4 では、入口配管 22 a の部分がいていないが他の部分は、殆ど図 6 と同じに構成されている。

【0044】

このように本実施例では、傾斜型受け皿 20 を使用することにより、傾斜部下側に設けられた冷却通路 21 a 内の上昇流を安定に形成させ、空間 9 内部での自然対流除熱をさらに促進することができる。

【符号の説明】

【0045】

40

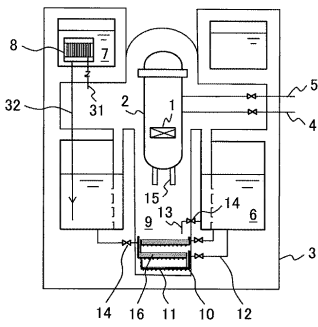
- 1 ... 炉心
- 2 ... 原子炉圧力容器
- 3 ... 原子炉格納容器
- 4 ... 給水配管
- 5 ... 主蒸気配管
- 6 ... 圧力抑制プール
- 7 ... 格納容器冷却プール
- 8 ... 熱交換器
- 9 ... 空間
- 10 ... 受け皿

50

- 1 1 ... 冷却管
- 1 2、1 3 ... 配管
- 1 4 ... 弁
- 1 5 ... 制御棒駆動機構
- 1 6 ... 熔融炉心の落下物
- 1 7、1 7 a、1 7 b ... 堰
- 1 8 ... 円筒状の仕切り
- 1 9 a、1 9 b ... 開口部
- 2 0、2 0 a、2 0 b、2 0 c ... 傾斜型受け皿
- 2 1 a ... 冷却流路
- 2 2 a ... 入口配管
- 2 4 a、2 5 a ... 出口配管

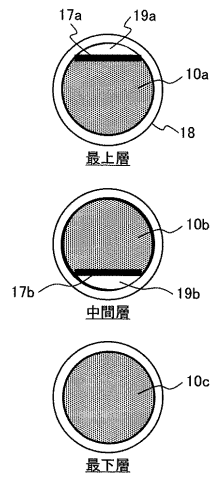
【 図 1 】

図 1



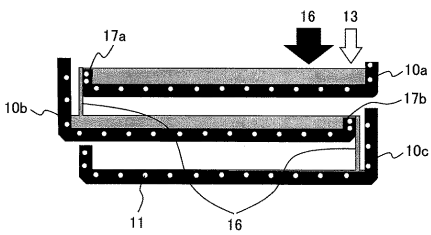
【 図 3 】

図 3



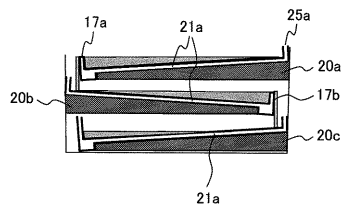
【 図 2 】

図 2



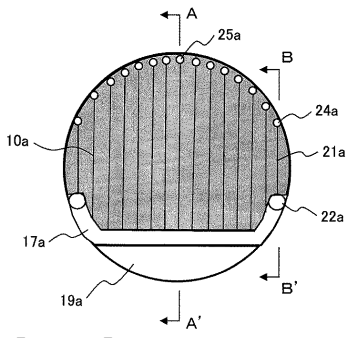
【 図 4 】

図 4



【 図 5 】

図 5



【 図 6 】

図 6

