

(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2018-9890

(P2018-9890A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.

G 2 1 B 1/13 (2006.01)

F 1

G 2 1 B 1/00

N

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 19 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2016-139327 (P2016-139327)  
 (22) 出願日 平成28年7月14日 (2016.7.14)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 110001092  
 特許業務法人サクラ国際特許事務所  
 (72) 発明者 滝脇 賢也  
 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 鹿野 文寿  
 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 江尻 満  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社  
 東芝内

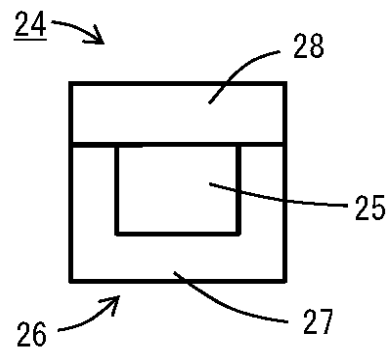
(54) 【発明の名称】 核融合炉ブランケットサブユニットおよびその製造方法ならびに核融合炉ブランケット

(57) 【要約】

【課題】十分に大きなトリチウム増殖比を安定して実現できる核融合炉ブランケットを提供する。

【解決手段】核融合炉ブランケットサブユニットは、リチウムまたはリチウム化合物を含むリチウム含有体25と、リチウム含有体25を収納して密閉するベリリウム製の稠密収納体26を備えた増倍材ブロックと、増倍材ブロックを収納して密閉するサブユニット筐体と、を有する。サブユニット筐体の外側と内側とを連絡してサブユニット筐体内を冷却する冷却水が流れる冷却水流路が形成されている。サブユニット筐体の外側と内側とを連絡してサブユニット筐体内で生じたトリチウムをサブユニット筐体外に搬送するガス流路が形成されている。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

リチウムまたはリチウム化合物を含むリチウム含有体と、  
 前記リチウム含有体を収納して密閉するベリリウム製の稠密収納体を備えた増倍材ブロックと、  
 前記増倍材ブロックを収納して密閉するサブユニット筐体と、  
 を有し、  
 前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内を冷却する冷却水が流れる冷却水流路が形成され、  
 前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内で生じたトリチウムを前記サブユニット筐体外に搬送するガス流路が形成されていること、  
 を特徴とする核融合炉ブランケットサブユニット。

10

## 【請求項 2】

前記リチウム含有体は、多孔質ベリリウム体にリチウムまたはリチウム化合物を含浸させたものであること、を特徴とする請求項 1 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

## 【請求項 3】

前記多孔質ベリリウム体は、粒状のベリリウムを結合して構成されていること、を特徴とする請求項 2 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

## 【請求項 4】

前記増倍材ブロックは、前記増倍材ブロックの少なくとも 1 個を収納して前記サブユニット筐体内に収納されて前記稠密収納体よりも粗密のベリリウム製の粗密収納体をさらに備えること、を特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

20

## 【請求項 5】

前記サブユニット筐体が、軸方向に延びるほぼ円柱状であって、  
 前記増倍材ブロックは前記軸方向に複数個が配列されていて、前記増倍材ブロックのそれぞれが前記軸と同軸の円板状であって、  
 前記粗密収納体それぞれ内で、前記軸に垂直な平面内で、前記軸中心位置に配置された 1 個の前記稠密収納体を囲んで他の 6 個の前記稠密収納体が周方向に等間隔に配置されていること、  
 を特徴とする請求項 4 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

30

## 【請求項 6】

前記サブユニット筐体の内部が、軸方向に延びるほぼ円柱状であって、  
 前記増倍材ブロックは前記軸方向に複数個が配列されていて、前記増倍材ブロックのそれぞれが前記軸と同軸の円板状であって、  
 前記粗密収納体それぞれ内で、前記軸に垂直な平面内で、前記軸中心位置に中心空隙を形成して当該中心空隙の周りを取り囲むように 6 個の前記稠密収納体が周方向に等間隔に配置されていて、  
 前記中心空隙が前記ガス流路の一部を構成していること、  
 を特徴とする請求項 4 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

40

## 【請求項 7】

リチウム化合物を含むリチウム含有体と、  
 前記リチウム含有体を収納して密閉するベリリウム製の粗密収納体を備えた増倍材ブロックと、  
 前記増倍材ブロックを収納して密閉するサブユニット筐体と、  
 を有し、  
 前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内を冷却する冷却水が流れる冷却水流路が形成され、  
 前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内で生じたトリ

50

チウムを前記サブユニット筐体外に搬送するガス流路が形成されていること、  
を特徴とする核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 8】

前記サブユニット筐体は、内壁とその内壁を取り囲む外壁とを有し、  
前記冷却水流路は、前記内壁と前記外壁との間に形成されていること、を特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 9】

前記内壁に沿ってその内壁の内側に、ベリリウムの粒が充填されていること、を特徴とする請求項 8 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 10】

前記サブユニット筐体は、内壁とその内壁を取り囲む外壁とを有し、  
前記冷却水流路は、前記内壁と前記外壁との間に形成され、  
前記内壁の内側に、前記増倍材ブロックが複数個配置され、  
前記複数個の増倍材ブロックの間に配置されて前記複数個の増倍材ブロックを前記内壁の内面に押し付ける圧縮ばねをさらに有すること、  
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 11】

前記サブユニット筐体は両端が閉鎖されて軸方向に延びる筒状であって、  
前記圧縮ばねによって生じる前記複数個の増倍材ブロックの間の軸方向に延びる空隙の径方向または周方向の位置が軸方向位置によってずれるように前記複数個の増倍材ブロックが配置されていること、  
を特徴とする請求項 10 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 12】

前記サブユニット筐体の内部が、軸方向に延びる筒状であって、  
前記圧縮ばねが複数個並列に配置され、  
前記圧縮ばねと前記増倍材ブロックとの間に介在し、前記複数個の圧縮ばねをはさんで軸方向に互いに平行に延びる、2枚の当て板をさらに有し、  
前記当て板は、軸方向にたわみやすいように波形状であること、  
を特徴とする請求項 10 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 13】

前記サブユニット筐体は、内壁とその内壁を取り囲む外壁とを有し、  
前記サブユニット筐体は、核融合プラズマに対向する第 1 の端部と前記第 1 の端部の反対側の第 2 の端部との間で軸方向に延びる筒状であって、  
前記冷却水流路は、前記内壁と前記外壁との間に形成され、  
前記内壁の内側に、前記増倍材ブロックが複数個配置され、  
前記サブユニット筐体の前記第 2 の端部に配置されて、前記複数個の増倍材ブロックのうちの第 1 の増倍材ブロックを前記第 1 の端部に向けて付勢する軸方向圧縮ばね、をさらに有し、  
前記第 1 の増倍材ブロックと、前記複数個の増倍材ブロックのうちの前記第 1 の増倍材ブロックとは異なる第 2 の増倍材ブロックとが、前記軸方向に対して傾斜する傾斜接触面で互いに接触して、  
前記軸方向圧縮ばねが前記第 1 の増倍材ブロックを前記第 1 の端部に向けて付勢することにより、前記第 2 の増倍材ブロックが前記内壁に向けて付勢されるように構成されていること、  
を特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 14】

前記サブユニット筐体は、内壁とその内壁を取り囲む外壁とを有し、  
前記サブユニット筐体は、核融合プラズマに対向する第 1 の端部と前記第 1 の端部の反

10

20

30

40

50

対側の第 2 の端部の間で軸方向に延びる円筒状であって、

前記冷却水流路は、前記内壁と前記外壁との間に形成され、

前記内壁の内面に雌ねじが形成され、

前記増倍材ブロックは、円柱状増倍材ブロックを含み、前記円柱状増倍材ブロックに、前記内壁の前記雌ねじと螺合する雄ねじが形成されていること

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 9 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

【請求項 15】

前記雌ねじと前記雄ねじの間に、前記ガス流路の一部を構成する螺旋状のガス空隙が形成されていること、を特徴とする請求項 14 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット。

10

【請求項 16】

プラズマを閉じ込める真空容器の内面に沿って配列された請求項 1 ないし請求項 15 のいずれか一項に記載の核融合炉ブランケットサブユニットの複数個、

を備えることを特徴とする核融合炉ブランケット。

【請求項 17】

多孔質ベリリウム体にリチウムまたはリチウム化合物を含浸させてリチウムまたはリチウム化合物を含むリチウム含有体を作成するリチウム含有体作成工程と、

ベリリウム製の稠密収納体内に前記リチウム含有体を収納して密閉してリチウムベリリウムペレットを作成するペレット作成工程と、

20

前記ペレット作成工程の後にサブユニット筐体内に前記リチウムベリリウムペレットを収納して密閉するサブユニット筐体収納工程と、

を有することを特徴とする核融合炉ブランケットサブユニット製造方法。

【請求項 18】

前記リチウム含有体作成工程は、多孔質ベリリウム体に前記リチウムまたはリチウム化合物を含浸させる工程を含むこと、を特徴とする請求項 17 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット製造方法。

【請求項 19】

前記稠密収納体よりも密度の低い粗密ベリリウム製の粗密収納体内に前記リチウムベリリウムペレットを収納して密閉して、増倍材ブロックを作成する増倍材ブロック作成工程をさらに有し、

30

前記サブユニット筐体収納工程は、前記増倍材ブロック作成工程の後に、前記サブユニット筐体内に前記増倍材ブロックを収納して密閉するものであること、を特徴とする請求項 17 または請求項 18 に記載の核融合炉ブランケットサブユニット製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、核融合炉ブランケットサブユニットおよびその製造方法ならびに核融合炉ブランケットに関する。

【背景技術】

40

【0002】

核融合炉ブランケット（以下、単に「ブランケット」ともいう。）は、核融合炉からエネルギーを取り出すためのキーコンポーネントである。

【0003】

核融合炉ブランケットシステムは、中性子照射を受け、内部で中性子を増倍し、トリチウム生産を行うためのものであって、筐体構造とその後方のトリチウム回収系などからなる複合システムである。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

50

【特許文献1】特開平8 - 4 1 6 6 4号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

核融合炉では燃料としてトリチウムを用いるが、トリチウムは天然には存在しないため、核融合炉内で自己生成して燃料サイクルを成立させる必要がある。ブランケットシステムにおけるトリチウムの生産性(TBR:トリチウム増殖比)およびその連続稼動を可能にするため、トリチウム回収や炉心への再投入まで含めたプラントシステムでの評価値としてのTBRが1.05よりも大きいこと、および、サブユニット単独での評価でTBRが1.25よりも大きいこと、が必要と試算している。

10

【0006】

一方で、リチウムは極めて化学活性な金属であり、高温で水に触れると激しい発熱反応をすることから、従来、化学的に安定なリチウム化合物が使われてきた。しかしこれらは、サブユニット内のリチウム量を低減するとともに、中性子を吸収・消費し、トリチウム増殖の大きな弊害となっている。

【0007】

本発明の実施形態はこのような課題を解決するためになされたものであり、十分に大きなトリチウム増殖比を安定して実現できる核融合炉ブランケットおよびそのためのブランケットサブユニットを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

20

【0008】

本発明の一つの実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットは、リチウムまたはリチウム化合物を含むリチウム含有体と、前記リチウム含有体を収納して密閉するベリリウム製の稠密収納体を備えた増倍材ブロックと、前記増倍材ブロックを収納して密閉するサブユニット筐体と、を有し、前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内を冷却する冷却水が流れる冷却水流路が形成され、前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内で生じたトリチウムを前記サブユニット筐体外に搬送するガス流路が形成されていること、を特徴とする。

【0009】

本発明の他の一つの実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットは、リチウム化合物を含むリチウム含有体と、前記リチウム含有体を収納して密閉するベリリウム製の粗密収納体を備えた増倍材ブロックと、前記増倍材ブロックを収納して密閉するサブユニット筐体と、を有し、前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内を冷却する冷却水が流れる冷却水流路が形成され、前記サブユニット筐体の外側と内側とを連絡して前記サブユニット筐体内で生じたトリチウムを前記サブユニット筐体外に搬送するガス流路が形成されていること、を特徴とする。

30

【0010】

本発明の一つの実施形態に係る核融合炉ブランケットは、プラズマを閉じ込める真空容器の内面に沿って配列された前記核融合炉ブランケットサブユニットの複数個、を備えることを特徴とする。

40

【0011】

本発明の一つの実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニット製造方法は、多孔質ベリリウム体にリチウムまたはリチウム化合物を含浸させてリチウムまたはリチウム化合物を含むリチウム含有体を作成するリチウム含有体作成工程と、ベリリウム製の稠密収納体内に前記リチウム含有体を収納して密閉してリチウム-ベリリウムペレットを作成するペレット作成工程と、前記ペレット作成工程の後にサブユニット筐体内に前記リチウム-ベリリウムペレットを収納して密閉するサブユニット筐体収納工程と、を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

50

本発明の実施形態によれば、核融合炉ブランケットにおいて、十分に大きなトリチウム増殖比を安定して実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】第1の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図2】第1の実施形態に係る複数の核融合炉ブランケットサブユニットを配置した状況を示す核融合炉の模式的な要部縦断面図。

【図3】第1の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットを構成する一つの増倍材ブロックの縦断面図。

【図4】第1の実施形態に係る増倍材ブロックを構成する一つのペレットの縦断面図。 10

【図5】図4のペレットの製造プロセスを示す説明図。

【図6】図3の増倍材ブロックの製造プロセスを示す説明図。

【図7】第1の実施形態に係る複数の核融合炉ブランケットサブユニットにおけるサブユニット筐体の壁面近傍を示す要部拡大縦断面図。

【図8】第2の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットを構成する一つの増倍材ブロックの縦断面図。

【図9】第3の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図10】図9の核融合炉ブランケットサブユニットのX-X線矢視横断面図。

【図11】第4の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの横断面図。

【図12】第5の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。 20

【図13】図12の核融合炉ブランケットサブユニットのXIII-XIII線矢視横断面図。

【図14】第6の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図15】図14の核融合炉ブランケットサブユニットのXV-XV線矢視横断面図。

【図16】図14の核融合炉ブランケットサブユニットのXVI-XVI線矢視横断面図。

【図17】第7の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図18】図17の核融合炉ブランケットサブユニットのXVII-XVII線矢視横断面図。

【図19】第7の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセスを示す説明図。 30

【図20】第7の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットにおける先端増倍材ブロックとばねユニットとの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す説明図。

【図21】第7の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットにおける主増倍材ブロックとばねユニットとの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す説明図。

【図22】第8の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的横断面図。

【図23】第9の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的横断面図。

【図24】第10の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図25】第10の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットのばねユニットの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す部分拡大正面図。 40

【図26】第11の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図27】第11の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセスを示す説明図。

【図28】第12の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図29】第13の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図。

【図30】第13の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセ 50

スを示す説明図。

【図 3 1】第 1 4 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの要部拡大縦断面図。

【発明を実施するための形態】

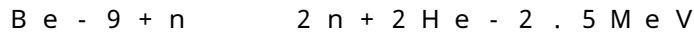
【0014】

ブランケットの開発・設計・製作に必要な 3 つの機能を以下に示す。

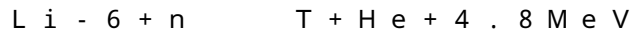
(1) 核融合反応中性子を受けて、運動エネルギーを熱として回収する。



(2) 反応中性子を増倍する。



(3) トリチウムを増殖し、回収して燃料として再利用する。



10

【0015】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態に係る核融合炉ブランケットについて説明する。ここで、互いに同一または類似の部分には共通の符号を付して、重複説明は省略する。

【0016】

[第 1 の実施形態]

図 1 は、第 1 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 2 は、第 1 の実施形態に係る複数の核融合炉ブランケットサブユニットを配置した状況を示す核融合炉の模式的な要部縦断面図である。図 3 は、第 1 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットを構成する一つの増倍材ブロックの縦断面図である。図 4 は、第 1 の実施形態に係る増倍材ブロックを構成する一つのペレットの縦断面図である。図 5 は、図 4 のペレットの製造プロセスを示す説明図である。図 6 は、図 3 の増倍材ブロックの製造プロセスを示す説明図である。図 7 は、第 1 の実施形態に係る複数の核融合炉ブランケットサブユニットにおけるサブユニット筐体の壁面近傍を示す要部拡大縦断面図である。

20

【0017】

図 2 に示すように、核融合炉の真空容器 1 1 の内面に沿って多数の核融合炉ブランケットサブユニット（以下、単に「サブユニット」とも呼ぶ。）1 2 が配列されている。核融合炉の運転により、真空容器 1 1 内に核融合プラズマ 1 3 が形成される。

30

【0018】

図 1 に示すように、各サブユニット 1 2 は、真空容器 1 1 の内面にほぼ垂直な軸方向に延びる円筒形のサブユニット筐体 1 4 に覆われている。サブユニット筐体 1 4 の核融合プラズマ 1 3 に対向する端部（第 1 の端部）1 5 には半球状部 5 0 が形成されている。サブユニット筐体 1 4 の第 1 の端部 1 5 の反対側の第 2 の端部 1 6 は、円板状の底板 1 7 によって密閉されている。

【0019】

サブユニット筐体 1 4 は、内壁 1 8 とその外側の外壁 1 9 とによって二重壁構造をなしており、内壁 1 8 と外壁 1 9 との間に冷却水流路 2 0 が形成されている。内壁 1 8 および外壁 1 9 は、たとえば、フェライト系ステンレス鋼製である。冷却水流路 2 0 は、底板 1 7 を貫通する冷却水配管 2 1 に接続され、この冷却水配管 2 1 は、サブユニット筐体 1 4 の外側の熱交換器（図示せず）と接続されている。

40

【0020】

サブユニット筐体 1 4 内には、複数の円板状の増倍材ブロック 2 2 が積層されている。

【0021】

図 3 に示すように、各増倍材ブロック 2 2 は、粗密収納体 2 3 と、粗密収納体 2 3 内に収納されて密閉された複数のリチウムベリリウムペレット（以下、単に「ペレット」とも呼ぶ）2 4 とを有する。粗密収納体 2 3 は、たとえば密度（充填率）80～90%程度の粗密ベリリウム製である。各粗密収納体 2 3 内で、複数のペレット 2 4 が互いに間隔を

50

あけて、軸に垂直な一つの平面内で分散して配置されている。

【0022】

図4に示すように、各リチウムベリリウムペレット24は、円板状のリチウム含有体25と、リチウム含有体25を収納して密閉する稠密収納体26とを有する。リチウム含有体25は、円板状のベリリウム多孔質体31(図5参照)にリチウムを含浸させて円板状としたものである。ベリリウム多孔質体31の密度は、粗密収納体23の密度よりも低く、たとえば65~80%程度である。稠密収納体26は粗密収納体23よりも密度が高く、たとえば、密度90~100%の稠密ベリリウム製である。

【0023】

ここで、リチウム-ベリリウムペレット24の製造プロセスを、図5に沿って説明する。図5において、プロセスの順序を黒い太矢印で示す。以下のプロセス説明図でも同様とする。

【0024】

初めに、多数のベリリウム粒30を焼結して円板状のベリリウム多孔質体31を生成する。ベリリウム粒30は、たとえば直径1mm程度である。つぎに、円板状のリチウム板32とベリリウム多孔質体31とを重ねて加熱して、リチウム板32を溶融させて、ベリリウム多孔質体31にリチウムを含浸させ、円板状のリチウム含有体25を生成する。含浸は、たとえば150~200程度で行うことができる。リチウムは濡れ性が良いため、容易に含浸する。つぎに、リチウム含有体25を円筒状の稠密収納容器本体27内に収納する。

【0025】

つぎに、円板状の稠密収納容器蓋28(図3)を被せて密閉し、成型して、リチウム-ベリリウムペレット24(図4)が完成する。稠密収納容器本体27と稠密収納容器蓋28とで稠密収納体26が構成される。密閉は、真空中で行う。稠密収納容器蓋28を被せて密閉する際に、稠密収納体26内の大気(おもに酸素と窒素)が残留するが、密閉する際に加えられる熱によりリチウムが溶融し、そのときに稠密収納体26内の大気を取り込むため、稠密収納体26内のガスの活性が低くなる。

【0026】

つぎに、増倍材ブロック22の製造プロセスを、図6に沿って説明する。粗密収納体23の一部を構成する円柱状の粗密収納容器本体33の上面に、ペレット24を1個ずつ收容する複数の穴(くぼみ)34を形成しておく。これらの穴34は互いに間隔をあけて平面的に分散して配置する。また、各穴34の形状および大きさはペレット24の形状および大きさに合わせ、なるべく隙間があかないような設計とする。つぎに、これらの穴34にペレット24を挿入する。つぎに、粗密収納容器本体33の上面に円板状の粗密収納容器蓋35を被せて、すべてのペレット24含めて粗密収納容器本体33の上面を覆い、密閉する。このとき、粗密収納容器本体33と粗密収納容器蓋35とによって粗密収納体23が構成される。

【0027】

なお、粗密収納容器本体33および粗密収納容器蓋35は、ベリリウム粉末(図示せず)から、粉末冶金で生成することができる。その際に、粉末焼成時の圧力を調整することにより、焼成後の密度(充填率)を制御することができる。

【0028】

図1に示すように、サブユニット筐体14の半球状部50内には、多数のベリリウム粒36が充填されている。さらに、図7に示すように、サブユニット筐体14の内壁18の内側の増倍材ブロック22との間の環状の空隙に多数のベリリウム粒37が充填されている。ベリリウム粒36とベリリウム粒37とは同様のものでよい。ベリリウムは熱伝導率が高いことから、ベリリウム粒36、37の存在によって、増倍材ブロック22内の熱を内壁18に伝え、冷却水流路20内を流れる冷却水に放熱することができる。

【0029】

底板17を貫通してガス配管40(図2)が取り付けられている。ガス配管40はサブ

10

20

30

40

50

ユニット筐体 14 の外側でトリチウム回収機構（図示せず）に接続されている。ガス配管 40 にはヘリウムなどのスイープガスが流され、サブユニット筐体 14 内で発生したトリチウムがスイープガスとともにガス配管 40 を通ってトリチウム回収機構に送られて、トリチウムが回収される。

【0030】

この実施形態によれば、リチウムをベリリウム多孔質体 31 に含浸させて、リチウム密度を高め、トリチウム増殖率を高めることができる。また、ベリリウム製の稠密収納体 26 およびベリリウム製の粗密収納体 23 を用いることにより、万一、冷却水がサブユニット筐体 14 内に漏洩した場合であっても、リチウムと水とが接触することによって生じる化学反応を防止することができる。それと同時に、リチウム含有体 25 を確実に冷却することができる。

10

【0031】

リチウム - ベリリウムペレット 24 の中で発生したトリチウムは、ベリリウム製の稠密収納体 26 を透過し、さらに、ベリリウム製の粗密収納体 23 を透過して、ガス配管 40 から回収される。

【0032】

ベリリウム製の稠密収納体 26 とベリリウム製の粗密収納体 23 とは、密度が相違するものの、同じ材質であるから、温度変化に伴う膨張・収縮の差が生じず、構造の健全性を保つことができる。

【0033】

サブユニット筐体 14 内での冷却水の漏洩を想定すると、増倍材ブロック 22 が急激に冷却されることが考えられる。そのような場合、ベリリウムの温度が 400 以下に低下すると、ベリリウムの延性が急激に低下するので、一般に、熱衝撃による破損（割れ）が懸念される。しかし、この実施形態では、粗密ベリリウム製の粗密収納体 23 を用いることにより、割れが生じにくく、また、かりに局所的な割れが発生しても、その割れが伝搬せず、形状と機能を維持することができる。しかも、優れた熱伝導特性を発揮することができる。

20

【0034】

本実施形態によれば、トリチウム増殖能力の向上を実現でき、トリチウム回収過程における移行現象によるトリチウム喪失を抑制し、ブランケットシステム全体で核融合炉の稼働に十分なトリチウム生産を実現できる。

30

【0035】

なお、核融合炉の通常運転時において、サブユニット筐体 14 の温度は、たとえば 500 ~ 600 程度と想定され、リチウムは液状またはガス状になっていると想定されている。

【0036】

上記説明の中で、リチウム板 32 を溶融してベリリウム多孔質体 31 に含浸させるものとした。リチウムの含有量を調整することにより、核反応を制御することができる。

【0037】

また、核融合炉の運転継続によって稠密収納体 26 およびベリリウム多孔質体 31 の腐食が顕著であると想定される場合は、稠密収納体 26 の肉厚を調整して設計すればよい。

40

【0038】

設計条件により、稠密収納体 26 の肉厚を十分に厚くできない場合は、この第 1 の実施形態の変形例として、上記第 1 の実施形態におけるリチウムの一部を酸化リチウムによって置き換えることもできる。

【0039】

さらに、上記説明では、サブユニット筐体 14 の半球状部 50 内に、多数のベリリウム粒 36 が充填されているとしたが、その変形例として、多数のベリリウム粒 36 の代わりに、稠密ベリリウム板（図示せず）を、サブユニット筐体 14 の半球状部 50 の形状に合わせて半球状に加工したものを、そこに配置してもよい。

50

## 【 0 0 4 0 】

さらに、他の変形例として、たとえば、リチウム - ベリリウムペレット 2 4 をサブユニット筐体 1 4 内に分散配置することなどにより、粗密収納体 2 3 を用いない構成とすることも可能である。

## 【 0 0 4 1 】

## [ 第 2 の実施形態 ]

図 8 は、第 2 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットを構成する一つの増倍材ブロックの縦断面図である。

## 【 0 0 4 2 】

この第 2 の実施形態においては、第 1 の実施形態のリチウム - ベリリウムペレット 2 4 に代えて、複数のリチウム化合物ペブル 4 5 を用いる。すなわち、各増倍材ブロック 2 2 は、粗密収納体 2 3 と、粗密収納体 2 3 の穴 3 4 内に収納されて密閉された複数のリチウム化合物ペブル 4 5 とを有する。リチウム化合物ペブル 4 5 は、たとえば酸化リチウムからなる。増倍材ブロック 2 2 の製造プロセスにおいて、粗密収納容器本体 3 3 の上面に形成された複数の穴 3 4 それぞれに複数のリチウム化合物ペブル 4 5 を充填し、その上から粗密収納容器蓋 3 5 を被せて密閉する。その他の構成は第 1 の実施形態と同様である。

10

## 【 0 0 4 3 】

酸化リチウムなどのリチウム化合物は、リチウムに比べて反応性が低いので、稠密収納体 2 6 ( 図 4 ) 内に封入する必要がない。

## 【 0 0 4 4 】

この実施形態によれば、リチウム化合物ペブル 4 5 が粗密収納体 2 3 内に収納されているので、かりにサブユニット筐体 1 4 内での冷却水漏洩を想定した場合であっても、水とリチウム化合物との接触を防ぐことができる。これにより、水とリチウム化合物との反応を防ぐことができる。

20

## 【 0 0 4 5 】

## [ 第 3 の実施形態 ]

図 9 は、第 3 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 1 0 は、図 9 の核融合炉ブランケットサブユニットの X - X 線矢視横断面図である。

## 【 0 0 4 6 】

この第 3 の実施形態は第 1 の実施形態の変形であって、各増倍材ブロック 2 2 において、粗密収納体 2 3 内に 7 個のリチウム - ベリリウムペレット ( ペレット ) 2 4 ( 2 4 a , 2 4 b ) が収納されて密閉されている。7 個のペレット 2 4 はいずれも円柱状であって、互いに同じ形状、同じ大きさであり、いずれもそれぞれの軸がサブユニット筐体 1 4 の軸に平行に配置されている。サブユニット筐体 1 4 の軸心部に 1 個のペレット 2 4 a が配置され、他の 6 個のペレット 2 4 b が軸心部のペレット 2 4 a を周方向間隔が互いに等しくなるように取り囲んで配置されている。このように配置することにより、増倍材ブロック 2 2 内に多くのペレット 2 4 を収納でき、サブユニット 1 2 内のリチウムの量を多くすることができる。

30

## 【 0 0 4 7 】

## [ 第 4 の実施形態 ]

図 1 1 は、第 4 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの横断面図である。

40

## 【 0 0 4 8 】

この第 4 の実施形態は第 3 の実施形態の変形であって、第 3 の実施形態の軸心部のペレット 2 4 a ( 図 1 0 ) に相当するものが存在せず、軸心部に円柱状の中心空隙 4 9 が形成されている。6 個のペレット 2 4 b が、中心空隙 4 9 を、周方向間隔が互いに等しくなるように取り囲んで配置されている。さらに、複数の増倍材ブロック 2 2 の中心空隙 4 9 が軸方向に連通するように、各粗密収納体 2 3 の軸心部に貫通孔 ( 図示せず ) が形成されている。中心空隙 4 9 内にヘリウムガスなどのスイープガスを流すことにより、トリチウム

50

の回収を促進することができる。さらに、スイープガスの流量を増大させれば、ガスによる冷却も可能である。

【 0 0 4 9 】

上記以外の構成は、第 3 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 0 】

[ 第 5 の実施形態 ]

図 1 2 は、第 5 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 1 3 は、図 1 2 の核融合炉ブランケットサブユニットの X I I I - X I I I 線矢視横断面図である。

【 0 0 5 1 】

この第 5 の実施形態は第 3 の実施形態 ( 図 9 、 図 1 0 ) の変形である。

【 0 0 5 2 】

この第 5 の実施形態では、サブユニット筐体 1 4 の半球状部 5 0 内に、サブユニット筐体 1 4 の円筒部に配置された増倍材ブロック 2 2 よりも軸方向に薄い薄型円板状の増倍材ブロック 1 2 2 が配置されている。この薄型増倍材ブロック 1 2 2 を構成する粗密収納体 1 2 3 およびペレット 1 2 4 はサブユニット筐体 1 4 の円筒部に配置された増倍材ブロック 2 2 よりも軸方向に薄い ( 短い ) ものとなる。薄型増倍材ブロック 1 2 2 の軸に垂直な断面内の 7 個のペレット 1 2 4 の配置関係は円筒部の増倍材ブロック 2 2 の 7 個のペレット 2 4 の配置関係 ( 図 1 0 ) と同様である。

【 0 0 5 3 】

サブユニット筐体 1 4 の半球状部 5 0 内で薄型増倍材ブロック 1 2 2 よりもさらに先端近くには、薄型増倍材ブロック 1 2 2 よりも直径の小さい小型増倍材ブロック 2 2 2 が配置されている。小型増倍材ブロック 2 2 2 の粗密収納体 2 2 3 は、薄型増倍材ブロック 1 2 2 の粗密収納体 1 2 3 よりも直径が小さいが厚さは粗密収納体 1 2 3 と同様である。小型増倍材ブロック 2 2 2 には 3 個のペレット 2 2 4 が含まれ、小型増倍材ブロック 2 2 2 の軸心の周りに周方向に等間隔に配置されている。各ペレット 2 2 4 の形状や大きさは薄型増倍材ブロック 1 2 2 のペレット 1 2 4 と同様である。

【 0 0 5 4 】

半球状部 5 0 内で、薄型増倍材ブロック 1 2 2 および小型増倍材ブロック 2 2 2 が配置された以外の隙間には、多数のベリリウム粒 3 6 が充填されている。

【 0 0 5 5 】

上記以外の構造は第 3 の実施形態と同様である。

【 0 0 5 6 】

この第 5 の実施形態によれば、サブユニット筐体 1 4 の半球状部 5 0 内にペレット 1 2 4 , 2 2 4 を配置するので、サブユニット 1 2 内のペレット 2 4 , 1 2 4 , 2 2 4 の量を増やすことができる。

【 0 0 5 7 】

なお、この実施形態において、半球状部 5 0 内のペレット 1 2 4 , 2 2 4 のリチウム含有体 2 5 ( 図 4 ) のリチウム含有量を、円筒部のペレット 2 4 のリチウム含有体 2 5 のリチウム含有量よりも大きくしてもよい。リチウム含有体 2 5 のリチウム含有量は、ベリリウム多孔質体 3 1 ( 図 5 ) の空隙率およびそこへのリチウム含浸量の調整によって調整することができる。

【 0 0 5 8 】

[ 第 6 の実施形態 ]

図 1 4 は、第 6 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 1 5 は、図 1 4 の核融合炉ブランケットサブユニットの X V - X V 線矢視横断面図である。図 1 6 は、図 1 4 の核融合炉ブランケットサブユニットの X V I - X V I 線矢視横断面図である。

【 0 0 5 9 】

この第 6 の実施形態は第 5 の実施形態の変形である。この実施形態では、各増倍材プロ

10

20

30

40

50

ック 2 2 , 1 2 2 , 2 2 2 の中央に比較的大きなリチウム ベリリウムペレット 2 4 , 1 2 4 , 2 2 4 が 1 個だけ配置されている。各ペレット 2 4 , 1 2 4 , 2 2 4 の大きさは第 5 の実施形態の場合よりも大きい、構造は第 5 の実施形態と同様である。

【 0 0 6 0 】

粗密収納体 2 3 , 1 2 3 , 2 2 3 の構造は第 5 の実施形態の場合と同様である。

【 0 0 6 1 】

この実施形態によれば、ペレット 2 4 , 1 2 4 , 2 2 4 の個数を減らすことができ、加工量を減らすことができるとともに、リチウムの量を増やすことができる。

【 0 0 6 2 】

[ 第 7 の実施形態 ]

図 1 7 は、第 7 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 1 8 は、図 1 7 の核融合炉ブランケットサブユニットの X V I I I - X V I I I 線矢視横断面図である。図 1 9 は、第 7 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセスを示す説明図である。図 2 0 は、第 7 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットにおける先端増倍材ブロックとばねユニットとの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す説明図である。図 2 1 は、第 7 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットにおける主増倍材ブロックとばねユニットとの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す説明図である。

【 0 0 6 3 】

この実施形態の核融合炉ブランケットサブユニット（サブユニット） 1 2 は、サブユニット筐体 1 4 と、サブユニット筐体 1 4 内に収納された複数の増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d と、底板 1 7 とを有する。サブユニット筐体 1 4 および底板 1 7 の構造は、前述の第 1 ~ 第 6 の実施形態と同様である。

【 0 0 6 4 】

増倍材ブロック（主増倍材ブロック） 2 2 c は、サブユニット筐体 1 4 の先端を除く円筒部に挿入されていて、円柱形を、その軸を通る平面（分割面）で 2 分割した略半円柱状である。2 個の増倍材ブロック 2 2 c がその分割面に対向し、それらの間にばねユニット 5 5 が配置されている。ばねユニット 5 5 は、並列に配置された 2 個の圧縮ばね 5 6 と、これらの圧縮ばね 5 6 をはさんで互いに平行に配置された 2 枚の当て板 5 7 とを有する。2 個の増倍材ブロック 2 2 c が、当て板 5 7 を介して圧縮ばね 5 6 によって、互いに離れる方向に押され、サブユニット筐体 1 4 の内壁 1 8 に押し付けられている。このようにばねユニット 5 5 をはさんで配置された 2 個の増倍材ブロック 2 2 c の組が、軸方向に複数組（図示の例では 4 組）配列されている。

【 0 0 6 5 】

増倍材ブロック（先端増倍材ブロック） 2 2 d は、サブユニット筐体 1 4 の先端の半球状部 5 0 に挿入されるものであり、半球形を、その軸を通る平面（分割面）で 2 分割した略 1 4 球状である。2 個の増倍材ブロック 2 2 d がその分割面に対向し、それらの間にばねユニット 5 8 が配置されている。ばねユニット 5 8 の構造はばねユニット 5 5 の構造と同様である。2 個の増倍材ブロック 2 2 d が、ばねユニット 5 8 によって、互いに離れる方向に押され、サブユニット筐体 1 4 の内壁 1 8 に押し付けられている。

【 0 0 6 6 】

増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d は、たとえば第 1 ~ 第 6 の実施形態のいずれかにおける増倍材ブロック 2 2 と同様のものである。ただし、増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d の外形は、第 1 ~ 第 6 の実施形態における増倍材ブロック 2 2 の外形と相違する。

【 0 0 6 7 】

この実施形態のサブユニットの組み立てに当たっては、図 1 9 、図 2 0 に示すように、初めに、サブユニット筐体 1 4 に底板 1 7 を取り付ける前の状態で、開放された第 2 の端部 1 6 から、1 4 球状の 2 個の増倍材ブロック 2 2 d とばねユニット 5 8 とを挿入して、半球状部 5 0 に配置する。ばねユニット 5 8 は、挿入時には圧縮して、半球状部 5 0 に配置された後には 2 個の増倍材ブロック 2 2 d をサブユニット筐体 1 4 の内壁 1 8 に押し付

10

20

30

40

50

けるようにする。

【 0 0 6 8 】

図 2 0 において、白抜き矢印は、組立作業における部品の動きの方向を表している。以下の組立手順を説明する図面でも同様である。

【 0 0 6 9 】

つぎに、2 個の増倍材ブロック 2 2 c とその間のばねユニット 5 5 とからなる組を、順次、サブユニット筐体 1 4 内に挿入する。このとき、図 2 1 に示すように、ばねユニット 5 5 の圧縮ばね 5 6 を圧縮した状態で挿入する。その後、サブユニット筐体 1 4 の開放された第 2 の端部 1 6 に底板 1 7 を取り付けて密封して、図 1 7 に示す状態とする。

【 0 0 7 0 】

この実施形態によれば、核融合炉の通常運転時に、増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d がサブユニット筐体 1 4 の内壁 1 8 に押し付けられているので、増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d からの熱が接触熱伝導により内壁 1 8 に伝達され、増倍材ブロック 2 2 c , 2 2 d の冷却を効率的に行うことができる。

【 0 0 7 1 】

[ 第 8 の実施形態 ]

図 2 2 は、第 8 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的横断面図である。

【 0 0 7 2 】

この実施形態は第 7 の実施形態の変形であって、増倍材ブロック 2 2 c の分割面の向きすなわちばねユニット 5 5 の向きと、増倍材ブロック 2 2 d での分割面の向きすなわちばねユニット 5 8 の向きが軸方向から見て揃っていない。より具体的には、各分割面がサブユニット筐体 1 4 の軸を含むように配置され、しかも、軸方向位置に応じて異なる周方向位置（角度位置）に配置されている。

【 0 0 7 3 】

その他の構成は第 7 の実施形態と同様である。

【 0 0 7 4 】

この第 8 の実施形態によれば、増倍材ブロック 2 2 c および増倍材ブロック 2 2 d での分割面に生じる空隙の位置が軸方向に揃っていない。そのため、軸方向から見て、軸心部分を除き、その空隙が第 1 の端部 1 5 から第 2 の端部 1 6 まで直線的に延びている部分はない。したがって、核融合プラズマ 1 3 から発せられた中性子線が底板 1 7 まで達することは少ない。

【 0 0 7 5 】

[ 第 9 の実施形態 ]

図 2 3 は、第 9 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的横断面図である。

【 0 0 7 6 】

この実施形態は第 8 の実施形態の変形であって、サブユニット筐体 1 4 の半球状部 5 0 以外の部分の各軸方向位置に、増倍材ブロック 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h が配置されている。増倍材ブロック 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h は軸方向に平面的に広がる分割面で互いに対向していて、それらに対向する位置にばねユニット 6 0 が配置されている。ばねユニット 6 0 の構造は、第 8 の実施形態におけるばねユニット 5 5 と同様である。

【 0 0 7 7 】

増倍材ブロック 2 2 e と増倍材ブロック 2 2 f とは同じ形状であるが、増倍材ブロック 2 2 g , 2 2 h の形状は増倍材ブロック 2 2 e , 2 2 f とは異なる形状である。この実施形態では、サブユニット筐体 1 4 の軸心部には増倍材ブロック 2 2 g が存在し、空隙にはなっていない。サブユニット筐体 1 4 内の軸方向位置に応じて、増倍材ブロック 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h の周方向配置位置がずれている（図示せず）。そのため、軸方向から見て、軸心部分を含めて、増倍材ブロック 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h 同士の間の隙間が第 1 の端部 1 5 から第 2 の端部 1 6 まで直線的に延びている部分はない。したが

10

20

30

40

50

って、核融合プラズマ 13 から発せられた中性子線が底板 17 まで達することは少ない。

【0078】

[第10の実施形態]

図24は、第10の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図25は、第10の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットのばねユニットの、サブユニット筐体への挿入前の状況を示す部分拡大正面図である。

【0079】

この実施形態は第7の実施形態(図17~図21)の変形である。一つのばねユニット61が、サブユニット筐体14の第1の端部15から第2の端部16まで、軸方向に長くのびている。ばねユニット61は、互いに平行に軸方向に延びる1対の当て板62と、これらの当て板62間にはさまれて、それぞれが当て板62の間隔を広げる向きに当て板62を押す複数の圧縮ばね56とを有する。当て板62は、軸方向に波形となっており、軸方向に撓みやすくなっている。

10

【0080】

この第7の実施形態のサブユニットの組み立てに当たり、サブユニット筐体14の第2の端部16が開放した状態で、サブユニット筐体14内に、第2の端部16から増倍材ブロック22c, 22dを順次挿入する。その後、第2の端部16からばねユニット61を挿入する。その後、サブユニット筐体14の開放された第2の端部16に底板17を取り付けて密封する。このような組み立て手順をとることにより、組み立て時の省力を図ることができる。

20

【0081】

また、当て板62が波形となっているため、増倍材ブロック22c, 22dの寸法公差などに応じて当て板62が撓み、増倍材ブロック22c, 22dを確実に径方向外向きに押し、増倍材ブロック22c, 22dとサブユニット筐体14の内壁18との間の接触を確保することができる。それにより、増倍材ブロック22c, 22d内の熱をサブユニット筐体14の内壁18に確実に逃がすことができる。

【0082】

[第11の実施形態]

図26は、第11の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図27は、第11の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセスを示す説明図である。

30

【0083】

第11の実施形態は、第7~第10の実施形態の変形である。

【0084】

この第11の実施形態では、円筒状のサブユニット筐体14内に、軸をはさんで互に対向するほぼ半円柱状の増倍材ブロック22iの対が複数対、軸方向に配列されている。これら複数対の増倍材ブロック22iの対によって軸方向にはさまれる軸方向中央位置に、縦断面形状がほぼひし形の増倍材ブロック22jが配置されている。

【0085】

増倍材ブロック22iと増倍材ブロック22jとの接触面は軸方向に対して傾斜している。また、増倍材ブロック22i同士が接触することはなく、増倍材ブロック22j同士が接触することもないように構成されている。

40

【0086】

サブユニット筐体14の第2の端部16に最も近い位置の増倍材ブロック22jの第2の端部16側に接してばねユニット65が配置され、ばねユニット65の軸方向外側に円板状の雄ねじ板66が配置され、雄ねじ板66の軸方向外側に底板17が取り付けられている。

【0087】

ばねユニット65は、軸方向に垂直に広がる2枚の円板状の当て板68と、これらの当て板68にはさまれて軸方向に押圧力を生じるように配置された複数の圧縮ばね69とを

50

有する。雄ねじ板 66 の外周には雄ねじ 70 が形成され、サブユニット筐体 14 の第 2 端部 16 近くに形成された雌ねじ 71 と螺合する。雄ねじ板 66 をねじ込むことにより、ばねユニット 65 が第 1 の端部 15 側に押される。底板 17 は、サブユニット筐体 14 の第 2 の端部 16 に溶接固定され、密封されている。

#### 【0088】

ばねユニット 65 は、サブユニット筐体 14 の第 2 の端部 16 に最も近い位置の増倍材ブロック 22j を第 1 の端部 15 側に、常時押している。その結果、他の増倍材ブロック 22j も、また、増倍材ブロック 22i も互いに軸方向に押される。この時、増倍材ブロック 22i と増倍材ブロック 22j との接触面が軸方向に対して傾斜していることから、ほぼ半円柱状の増倍材ブロック 22i が径方向外側に向かう力を受けることになる。これにより、増倍材ブロック 22i はサブユニット筐体 14 の内壁 18 に押し付けられる。したがって、増倍材ブロック 22i とサブユニット筐体 14 の内壁 18 との間で熱伝導による伝熱が促進される。また、互いに隣接する増倍材ブロック 22i と増倍材ブロック 22j との間で互いに押し付けられることから、これらの間でも熱伝導が促進される。

10

#### 【0089】

図 27 に示すように、この第 11 の実施形態のサブユニットの組み立てに当たっては、サブユニット筐体 14 の第 2 の端部 16 が開放した状態で、サブユニット筐体 14 内に、増倍材ブロック 22i, 22j を、第 1 の端部 15 に近い位置のものから順に、第 2 の端部 16 から挿入していく。そして、最後に第 2 の端部 16 に最も近い位置に配置すべき増倍材ブロック 22j を挿入する。その後、ばねユニット 65 を挿入し、その後、雄ねじ板 66 をねじ込み、ばねユニット 65 の圧縮ばね 69 を圧縮して圧縮力が生じるようにする。その後、底板 17 を、サブユニット筐体 14 の第 2 の端部 16 に溶接固定して密閉して、図 26 に示す状態にする。

20

#### 【0090】

この第 11 の実施形態では、サブユニット筐体 14 内に増倍材ブロック 22i, 22j を挿入した後にばねユニット 65 を挿入するものであり、しかもばねユニット 65 を軸方向に押し付ければよいので、組み立てが容易であり、組み立て時の省力を図ることができる。

#### 【0091】

##### [第 12 の実施形態]

図 28 は、第 12 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。

30

#### 【0092】

第 12 の実施形態は第 11 の実施形態の変形である。

#### 【0093】

この第 12 の実施形態では、円筒状のサブユニット筐体 14 内に、増倍材ブロック 22k, 22m, 22n, 22p が軸方向に配列されている。増倍材ブロック 22k と増倍材ブロック 22m との接触面、増倍材ブロック 22m と増倍材ブロック 22n との接触面、増倍材ブロック 22n と増倍材ブロック 22p との接触面はいずれも軸方向に対して傾斜している。また、増倍材ブロック 22k と増倍材ブロック 22n とは直接触せず、増倍材ブロック 22m と増倍材ブロック 22p とは直接接触していない。

40

#### 【0094】

サブユニット筐体 14 の第 2 の端部 16 に最も近い位置の増倍材ブロック 22p の第 2 の端部 16 側に接してばねユニット 65 が配置され、ばねユニット 65 の軸方向外側に円板状の雄ねじ板 66 が配置され、雄ねじ板 66 の軸方向外側に底板 17 が取り付けられている。

#### 【0095】

ばねユニット 65 が増倍材ブロック 22p を第 1 の端部 15 側に押すことにより、増倍材ブロック 22p が増倍材ブロック 22n を第 1 の端部 15 側に押し、さらにそれが増倍材ブロック 22m を第 1 の端部 15 側に押し、さらにそれが増倍材ブロック 22k を第 1

50

の端部 15 側に押す。その際に、互いの接触面が軸方向に対して傾斜していることにより、増倍材ブロック 22k, 22m, 22n, 22p がそれぞれ、サブユニット筐体 14 の内壁 18 に向かって押し付けられる向きの力を受ける。

【0096】

この第 12 の実施形態によれば、ばねユニット 65 による軸方向の押し付け力によって、増倍材ブロック 22k, 22m, 22n, 22p がサブユニット筐体 14 の内壁 18 に向かって押し付けられる。それにより、第 11 の実施形態と同様の効果を得ることができる。

【0097】

[ 第 13 の実施形態 ]

図 29 は、第 13 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの模式的縦断面図である。図 30 は、第 13 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの組み立てプロセスを示す説明図である。

【0098】

ほぼ円筒状のサブユニット筐体 14a は、第 7 ~ 第 12 の実施形態のサブユニット筐体 14 と同様に、第 1 の端部 15 が半球状に突出し、第 2 の端部 16 は、円板状の底板 17 によって密閉されている。

【0099】

サブユニット筐体 14a の第 1 の端部 15 付近の半球状部 50 内に、この半球の形状に合わせて成形された半球状増倍材ブロック 22q が配置されている。

【0100】

サブユニット筐体 14a の半球状部 50 を除く円筒部内に、円柱状増倍材ブロック 22r が配置されている。サブユニット筐体 14a の半球状部 50 を除く円筒部の内面には雌ねじ 75 が形成され、円柱状増倍材ブロック 22r の外面には、雌ねじ 75 と螺合する雄ねじ 76 が形成されている。

【0101】

この第 13 の実施形態のサブユニットの組み立てに当たっては、初めに、サブユニット筐体 14a の第 2 の端部 16 が開放した状態で、サブユニット筐体 14a 内に、半球状増倍材ブロック 22q を挿入し、つぎに、円柱状増倍材ブロック 22r をサブユニット筐体 14a 内にねじ込んでいき、円柱状増倍材ブロック 22r で半球状増倍材ブロック 22q を第 1 の端部 15 に向けて押し付ける。その後、底板 17 を、サブユニット筐体 14a の第 2 の端部 16 に溶接固定して密閉する。

【0102】

この実施形態によれば、半球状増倍材ブロック 22q と円柱状増倍材ブロック 22r とが軸方向に押し付けられるとともに、半球状増倍材ブロック 22q がサブユニット筐体 14a の第 1 の端部 15 に押し付けられ、さらに円柱状増倍材ブロック 22r の雄ねじ 76 とサブユニット筐体 14a の雌ねじ 75 とが螺合することによりこれらが確実に接触し、固体接触による熱伝導が確保される。しかも、組み立て作業が容易であって、省力を図ることができる。

【0103】

この第 13 の実施形態の変形として、半球状増倍材ブロック 22q と円柱状増倍材ブロック 22r とを初めから一体で成型してもよい。その場合は、組立作業がさらに容易である。

【0104】

[ 第 14 の実施形態 ]

図 31 は、第 14 の実施形態に係る核融合炉ブランケットサブユニットの要部拡大縦断面図である。

【0105】

この第 14 の実施形態は第 13 の実施形態の変形である。第 14 の実施形態では、第 13 の実施形態 ( 図 29 ) と同様に、サブユニット筐体 14a の円筒部の雌ねじ 75 と円柱

10

20

30

40

50

状増倍材ブロック 2 2 r の雄ねじ 7 6 とが螺合する。この第 1 4 の実施形態の雌ねじ 7 5 および雄ねじ 7 6 では、通常の機械的要素としてのねじに必要なねじの谷の深さよりも深い谷が形成されている。それにより、互いに螺合するねじの山と谷の間に、通常の機械的要素としてのねじにおける空隙よりも大きな螺旋状のガス空隙 8 0 , 8 1 が形成されている。さらに、雌ねじ 7 5 の谷と雄ねじ 7 6 の山との間に形成されるガス空隙 8 1 の中央に向かって、雄ねじ 7 6 の山から突出する突出部 8 2 が形成されている。

【 0 1 0 6 】

螺旋状のガス空隙 8 0 , 8 1 によりガス流路が形成される。このガス流路に冷却用のガスを流通させることにより、サブユニット筐体 1 4 a の内側を冷却することができる。固体同士の接触熱伝導特性は、供用中の固体材料の性状変化によって変動する可能性があるが、流体であれば安定した除熱特性を維持することができる。また、突出部 8 2 の存在により、ガス空隙 8 1 に接する固体表面積が大きくなり、ガス空隙 8 1 内のガスと固体との熱伝達が促進される。

10

【 0 1 0 7 】

この第 1 4 の実施形態の変形例として、雌ねじ 7 5 の山と雄ねじ 7 6 の谷との間に形成されるガス空隙 8 0 の中央に向かって、雌ねじ 7 5 の山から突出する突出部（図示せず）が形成されるようにしてもよい。

【 0 1 0 8 】

[ 他の実施形態 ]

上記実施形態の説明で、サブユニット筐体 1 4 は、ほぼ円筒状で第 1 の端部 1 5 が半球状とした。しかし、本発明はこのような構成に限定されない。たとえば、サブユニット筐体が直方体であってもよい。

20

【 0 1 0 9 】

上述の各実施形態の特徴を適宜組み合わせることもできる。

【 0 1 1 0 】

以上、本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる

30

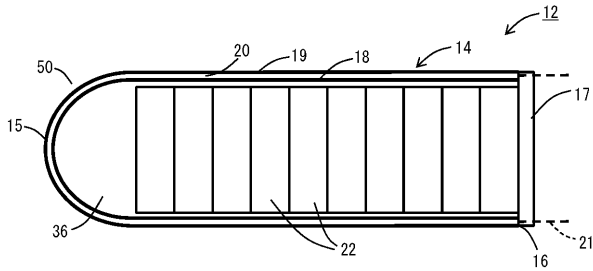
【 符号の説明 】

【 0 1 1 1 】

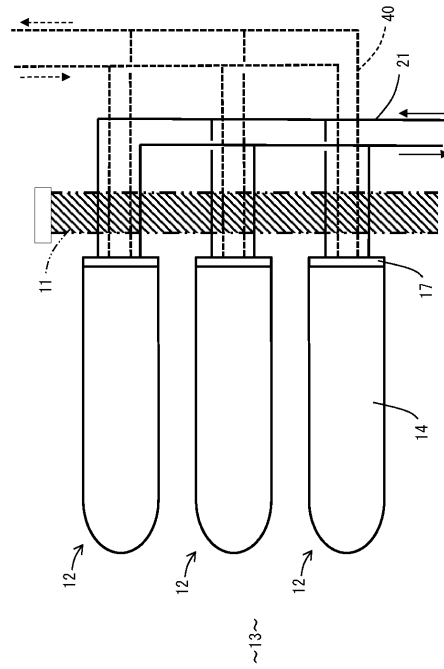
1 1 ... 真空容器、 1 2 ... 核融合炉ブランケットサブユニット（サブユニット）、 1 3 ... 核融合プラズマ、 1 4 , 1 4 a ... サブユニット筐体、 1 5 ... 第 1 の端部、 1 6 ... 第 2 の端部、 1 7 ... 底板、 1 8 ... 内壁、 1 9 ... 外壁、 2 0 ... 冷却水流路、 2 1 ... 冷却水配管、 2 2 , 2 2 c , 2 2 d , 2 2 e , 2 2 f , 2 2 g , 2 2 h , 2 2 i , 2 2 j , 2 2 k , 2 2 m , 2 2 n , 2 2 p , 2 2 q , 2 2 r , 1 2 2 , 2 2 2 ... 増倍材ブロック、 2 3 , 1 2 3 , 2 2 3 ... 粗密収納体、 2 4 , 2 4 a , 2 4 b , 1 2 4 , 2 2 4 ... リチウム ベリリウムペレット（ペレット）、 2 5 ... リチウム含有体、 2 6 ... 稠密収納体、 2 7 ... 稠密収納容器本体、 2 8 ... 稠密収納容器蓋、 3 0 ... ベリリウム粒、 3 1 ... ベリリウム多孔質体、 3 2 ... リチウム板、 3 3 ... 粗密収納容器本体、 3 4 ... 穴（くぼみ）、 3 5 ... 粗密収納容器蓋、 3 6 , 3 7 ... ベリリウム粒、 4 0 ... ガス配管、 4 5 ... リチウム化合物ペブル、 4 9 ... 中心空隙、 5 0 ... 半球状部、 5 5 ... ばねユニット、 5 6 ... 圧縮ばね、 5 7 ... 当て板、 5 8 ... ばねユニット、 6 0 ... ばねユニット、 6 1 ... ばねユニット、 6 2 ... 当て板、 6 5 ... ばねユニット、 6 6 ... 雄ねじ板、 6 8 ... 当て板、 6 9 ... 圧縮ばね、 7 0 ... 雄ねじ、 7 1 , 7 5 ... 雌ねじ、 7 6 ... 雄ねじ、 8 0 , 8 1 ... ガス空隙、 8 2 ... 突出部

40

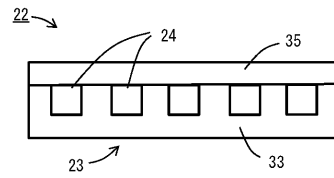
【 図 1 】



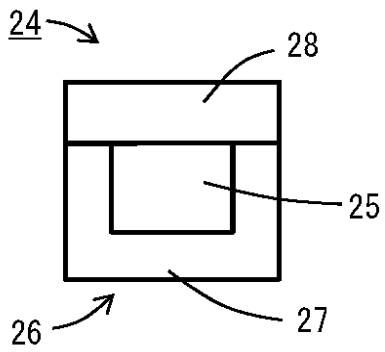
【 図 2 】



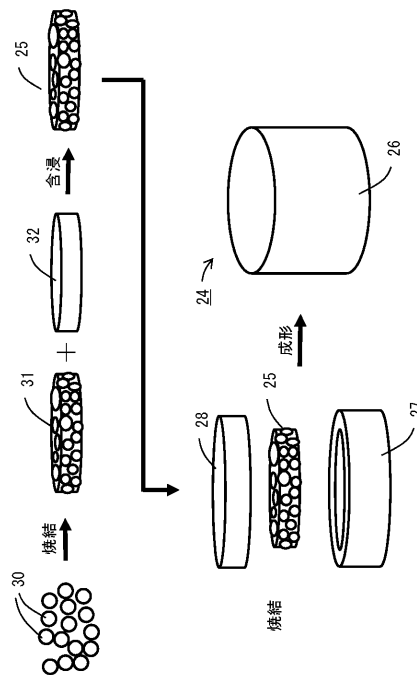
【 図 3 】



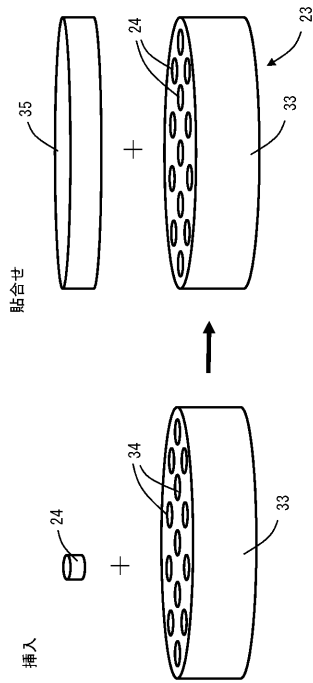
【 図 4 】



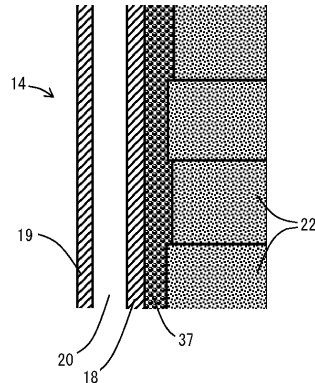
【 図 5 】



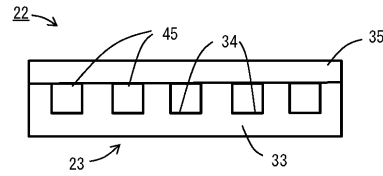
【 図 6 】



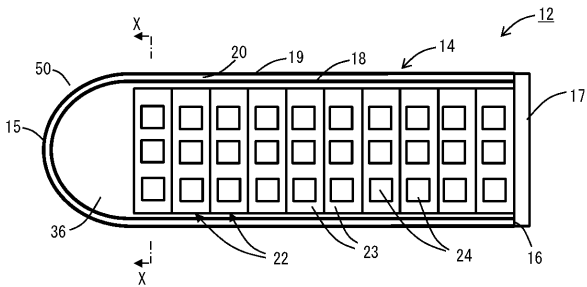
【 図 7 】



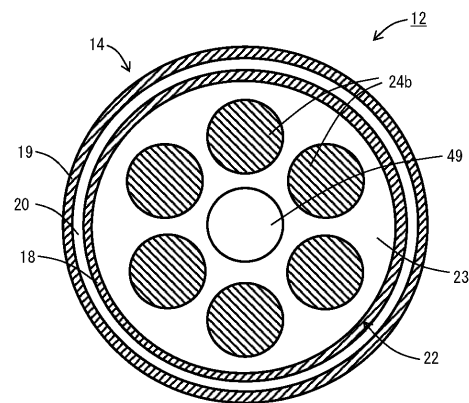
【 図 8 】



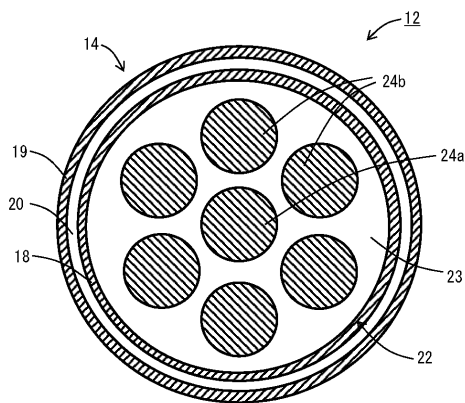
【 図 9 】



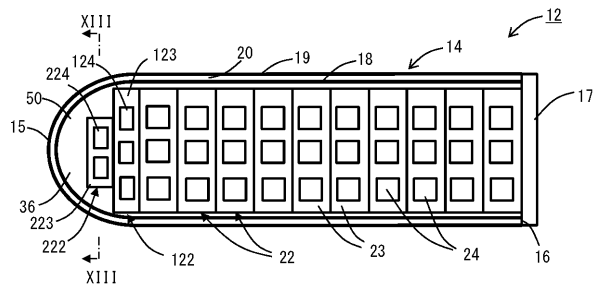
【 図 11 】



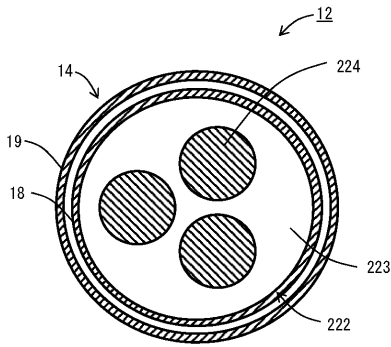
【 図 10 】



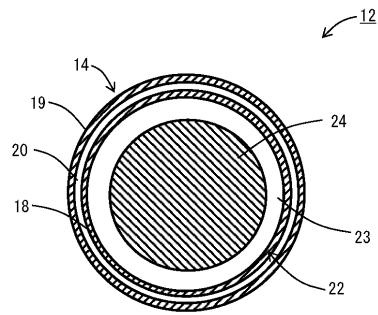
【 図 12 】



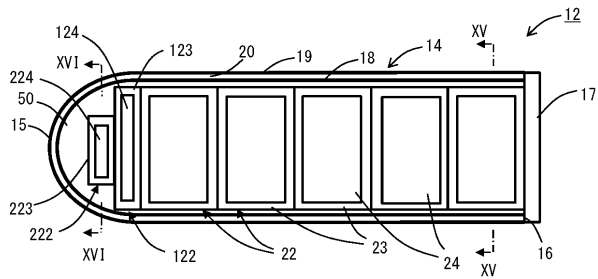
【 図 1 3 】



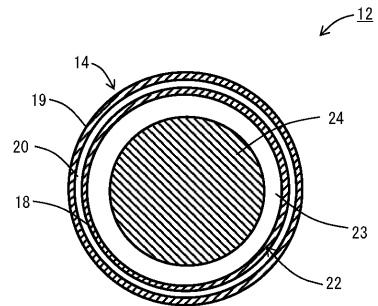
【 図 1 5 】



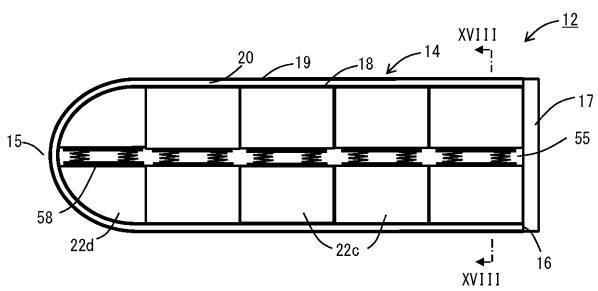
【 図 1 4 】



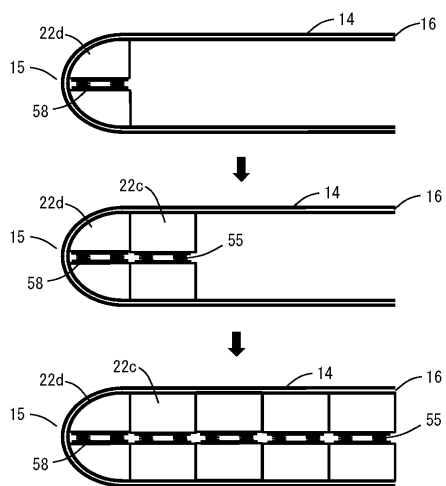
【 図 1 6 】



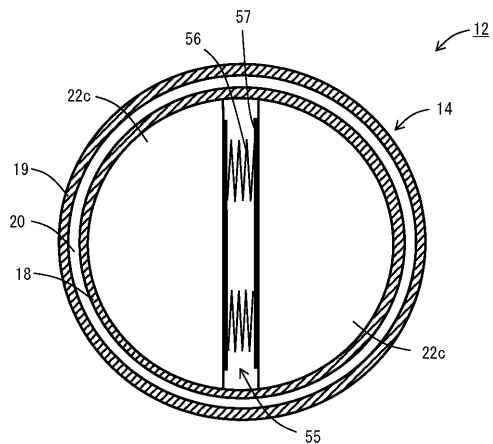
【 図 1 7 】



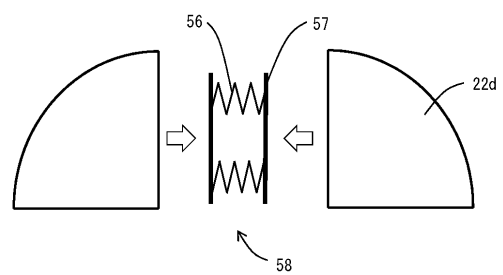
【 図 1 9 】



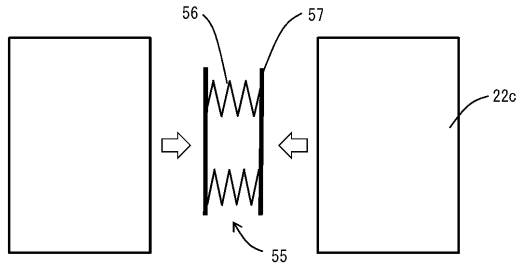
【 図 1 8 】



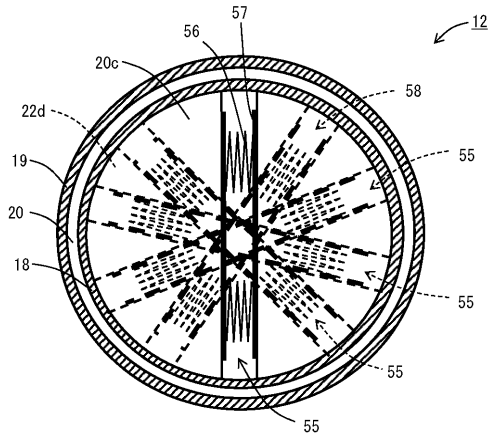
【 図 2 0 】



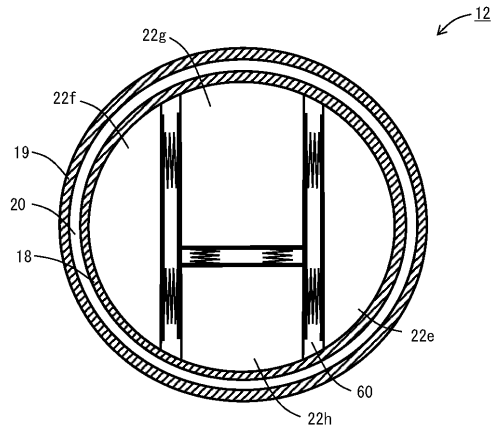
【 図 2 1 】



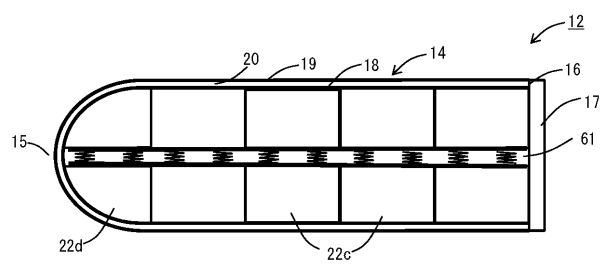
【 図 2 2 】



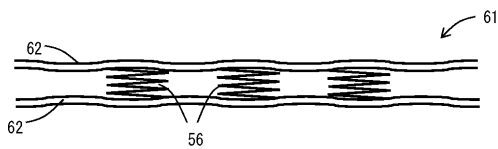
【 図 2 3 】



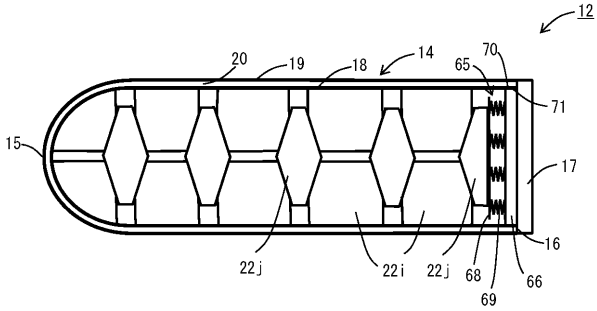
【 図 2 4 】



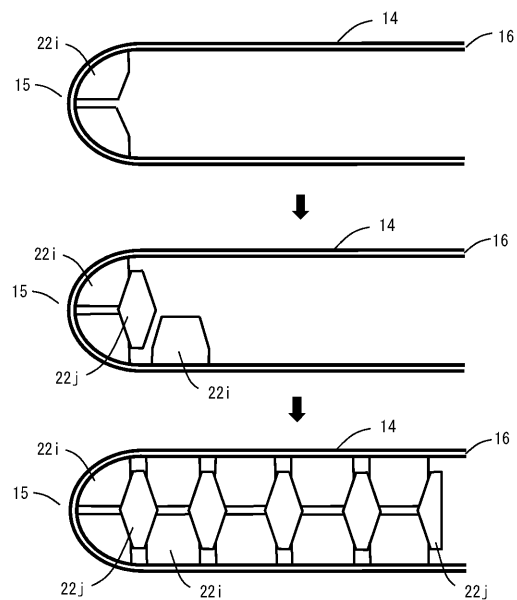
【 図 2 5 】



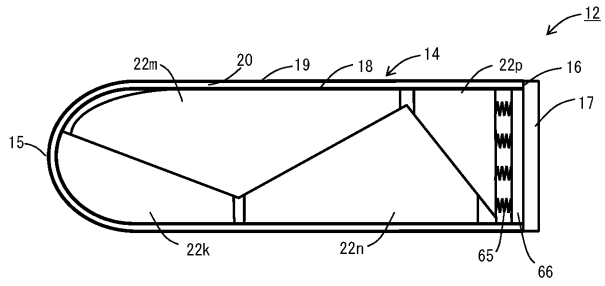
【 図 2 6 】



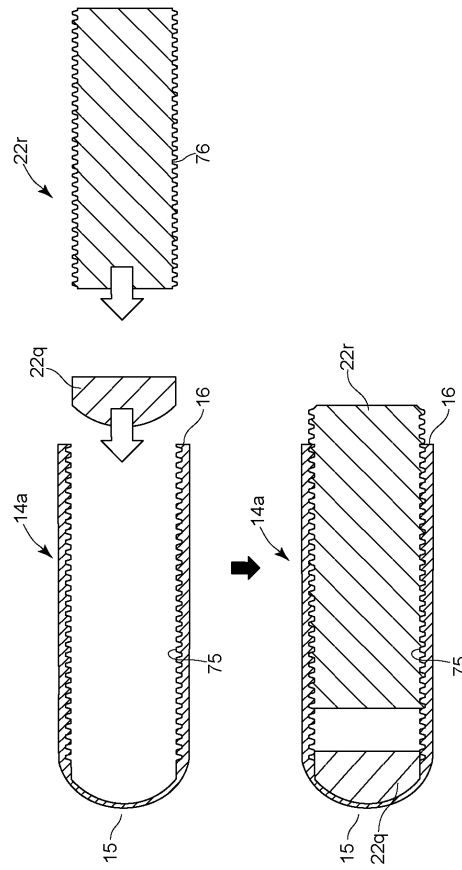
【 図 2 7 】



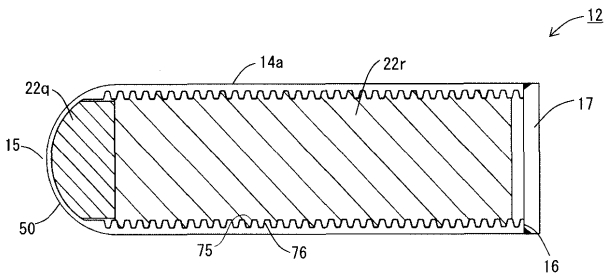
【 図 2 8 】



【 図 3 0 】



【 図 2 9 】



【 図 3 1 】

