

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6536945号
(P6536945)

(45) 発行日 令和1年7月3日(2019.7.3)

(24) 登録日 令和1年6月14日(2019.6.14)

(51) Int.Cl. F 1
G 2 1 G 4/06 (2006.01) G 2 1 G 4/06

請求項の数 3 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2015-122154 (P2015-122154)	(73) 特許権者	598041566 学校法人北里研究所 東京都港区白金5丁目9番1号
(22) 出願日	平成27年6月17日(2015.6.17)	(74) 代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
(65) 公開番号	特開2017-9326 (P2017-9326A)	(74) 代理人	100188558 弁理士 飯田 雅人
(43) 公開日	平成29年1月12日(2017.1.12)	(72) 発明者	佐々木 徹 神奈川県相模原市南区北里1丁目15番1号 学校法人北里研究所内
審査請求日	平成30年6月15日(2018.6.15)	(72) 発明者	青木 勝己 神奈川県相模原市南区北里1丁目15番1号 学校法人北里研究所内
		審査官	藤本 加代子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】線源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

内部に空間を有し、放射線が透過可能な材料によって形成されている密閉容器と、前記空間の一部を第一空間と第二空間とに区分するように前記密閉容器に設けられた吸着剤と、

前記密閉容器に封入された溶離液と、

前記吸着剤に吸着されて、放射性崩壊により娘放射性核種に変化する親放射性核種と、前記吸着剤、又は前記溶離液によって化学分離された娘放射性核種を覆うことで放射線を遮蔽することができる遮蔽体と、を有する線源。

【請求項2】

前記密閉容器は、両端部が封止された筒状をなし、

前記吸着剤は、前記第一空間と前記第二空間とを前記密閉容器の軸方向に区分するように配置され、

前記遮蔽体は、前記密閉容器の外周面を覆う円筒形をなし、前記吸着剤、前記第一空間、及び前記第二空間を選択的に覆う請求項1に記載の線源。

【請求項3】

前記親放射性核種は、ゲルマニウム68である、請求項1又は請求項2に記載の線源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、放射線を照射する線源に関する。

【背景技術】

【0002】

密封線源とは、ステンレス鋼などの密封容器（カプセル）に放射性同位元素を封入することにより、カプセルの外部に放射性同位元素が漏えいすることなく、カプセルから放出される放射線を利用するためのもので、例えば放射線測定器の校正用等に使用されている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2007-101439号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、従来の密封線源は、例えばカプセルによって形成されている簡素な構成のものは内部の放射性同位元素に外部から手を加え制御する発想はなかった。また、放射性同位元素などの化学分離は、非密封線源でなければ行うことのできない操作であった。

【0005】

この発明は、より簡素な構造で密閉容器の外部からの制御で、繰返しミルクキングなどの化学分離を可能とする線源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】

【0006】

本発明の第一の態様によれば、線源は、内部に空間を有し、放射線が透過可能な材料によって形成されている密閉容器と、前記空間の一部を第一空間と第二空間とに区分するように前記密閉容器に設けられた吸着剤と、前記密閉容器に封入された溶離液と、前記吸着剤に吸着されて、放射性崩壊により娘放射性核種に変化する親放射性核種と、前記吸着剤、又は前記溶離液によって化学分離された娘放射性核種覆うことで放射線を遮蔽することができる遮蔽体と、を有することを特徴とする。

【0007】

このような構成によれば、密閉容器の内部で、親放射性核種から崩壊により生成された娘放射性核種を化学分離（ミルクキング）することができる。また、密閉容器の内部にて溶離液を吸着剤の上方に配置させることで、容易に繰返しの化学分離を行うことができる。さらに、密閉容器の一部を遮蔽することによって、娘放射性核種の成長や減衰を容器の外部から観察することができる。

【0008】

上記線源において、前記密閉容器は、両端部が封止された筒状をなし、前記吸着剤は、前記第一空間と前記第二空間とを前記密閉容器の軸方向に区分するように配置され、前記遮蔽体は、前記密閉容器の外周面を覆う円筒形をなし、前記吸着剤、前記第一空間、及び前記第二空間を選択的に覆うようにしてもよい。

【0009】

このような構成によれば、密閉容器の長手方向が鉛直方向に沿うように配置し、上下反転させることによって、容易に化学分離を行うことができる。

【0010】

上記線源において、前記親放射性核種は、ゲルマニウム68であってよい。

このような構成によれば、親放射性核種としてゲルマニウム68を用いることによって、親娘両核種の寿命、放射線の性質、娘核種の化学挙動や応用価値などから、放射線測定器の校正や実習用として最適である。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、密閉容器の内部で、親放射性核種から崩壊により生成された娘放射性

10

20

30

40

50

核種を化学分離することができる。また、密閉容器の内部にて溶離液を吸着剤の上部に配置させることで、容易に繰返しの化学分離を行うことができる。さらに、密閉容器の一部を遮蔽することによって、娘放射性核種の成長や減衰を容器の外部から観察することができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の第一実施形態の線源の斜視図である。

【図2】本発明の第一実施形態の線源の使用方を説明する図であり、溶離液が吸着剤の上方に配置されるように密閉容器を反転させた様子を示す図である。

【図3】本発明の第一実施形態の線源の使用方を説明する図であり、ミルクングが完了した様子を示す図である。

10

【図4】娘放射性核種の成長曲線を示すグラフである。

【図5】本発明の第一実施形態の線源の変形例であり、ピストンを有する密閉容器の斜視図である。

【図6】本発明の第一実施形態の線源の使用方を説明する図であり、遮蔽体を用いて吸着剤を遮蔽した様子を示す図である。

【図7】本発明の第一実施形態の線源の使用方を説明する図であり、溶離液が吸着剤の上方に配置されるように密閉容器を反転させた様子を示す図である。

【図8】本発明の第一実施形態の線源の使用方を説明する図であり、ミルクングが完了した様子を示す図である。

20

【図9】娘放射性核種の壊変曲線を示すグラフである。

【図10】本発明の第二実施形態の線源の概略図である。

【図11】本発明の第二実施形態の線源の使用方を説明する図であり、溶離液の移動のため密閉容器を傾けた様子を示す図である。

【図12】本発明の第二実施形態の線源の使用方を説明する図であり、ミルクング中の様子を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

(第一実施形態)

以下、本発明の実施形態の線源について図面を参照して詳細に説明する。

30

本実施形態の線源は、放射線を発生させる放射性核種(放射性同位元素)が外部と接触不能な密封型である。

図1に示すように、線源1は、内部に空間を有する密閉容器2と、密閉容器2に収容された吸着剤3と、密閉容器2の外周面に取り付けられた遮蔽体4と、を有している。

【0014】

密閉容器2は、両端部が封止された円筒形状をなしている。密閉容器2は、有底円筒形状の容器本体6と、容器本体6の開口を封止する蓋部材7と、を有している。密閉容器2は、放射線が透過可能な材料、例えば、ガラスによって形成されている。密閉容器2は放射線が透過可能であれば、透明である必要はない。

【0015】

40

蓋部材7と容器本体6との間には、Oリング等のシール部材(図示せず)が介在している。密閉容器2は蓋部材7を取り外すことによって、内部にアクセスが可能であるとともに、容器本体6に蓋部材7を取り付けることによって、密閉容器2の内部空間を密閉可能である。

【0016】

密閉容器2の内部の空間には、放射性核種を封入することができる。内容物注入後は、密閉容器2は法律の基準に適合する。具体的には、密閉容器2は正常な使用状況において開封、破壊の恐れがなく、密封された放射性核種が漏えい、浸透等により散逸して汚染する恐れのない性能と構造を有している。

【0017】

50

吸着剤 3 (カラム) は、円筒状の密閉容器 2 の長手方向の中央に、密閉容器 2 を第一の空間 A 1 と第二の空間 A 2 とに軸方向に区分けするように配置されている。吸着剤 3 は、スズの水和物等、親放射性核種を保持する性質を有している。吸着剤 3 としては、スズの水和物の他に、例えば、二酸化アルミニウム、二酸化チタン、フェノール性ヒドロキシ基、ピロガロール等を採用することができる。

【0018】

吸着剤 3 には、放射性核種を吸着させることができる。本実施形態の線源 1 においては、放射性崩壊して娘放射性核種に変化する親放射性核種 P、例えば ^{68}Ge (ゲルマニウム - 68) が吸着されている。

【0019】

遮蔽体 4 は放射線を遮蔽することができる材料、例えば、鉛等によって形成されている。遮蔽体 4 は、密閉容器 2 の外周面を覆う円筒形をなし、密閉容器 2 の長手方向に移動可能である。即ち、遮蔽体 4 は、吸着剤 3、第一空間 A 1、及び第二空間 A 2 を選択的に覆うことで放射線を遮蔽することができる。

遮蔽体 4 は、例えば、容器本体 6 の外周面に非貫通の雌ネジ穴を形成して、ボルトを用いて密閉容器 2 の長手方向の任意の場所に固定することができる。遮蔽体 4 の固定手段はこれに限ることはなく、例えば、粘着テープを用いて固定してもよい。

また、第二の空間 A 2 には、塩酸溶液などの溶離液 E が封入されている。

【0020】

次に、本発明の線源 1 の使用方法について説明する。

(娘放射性核種 D の成長)

まず、図 1 の状態の線源 1 の上下方向を反転させて、図 2 に示すように、線源 1 を密閉容器 2 の長手方向が鉛直方向を向くように立てて、溶離液 E が吸着剤 3 の上方に配置されるようにする。また、遮蔽体 4 を第一の空間 A 1 側に移動させて、第一の空間 A 1 を遮蔽する。これにより、第一の空間 A 2 と使用者との間に鉛である遮蔽体 4 が配置される。

【0021】

これにより、親放射性核種 P が吸着された吸着剤 3 の上方の空間 A 2 に封入された溶離液 E によって、親放射性核種 P から崩壊により生成された娘放射性核種 D (^{68}Ga , ガリウム - 68) が化学分離 (ミルクィング, *Milking*) される。娘放射性核種 D は、第一の空間 A 1 に貯留される。溶離液 E は重力によって娘放射性核種 D のミルクィングを行

【0022】

図 3 に示すように、ミルクィングが完了すると、第一の空間 A 1 に娘放射性核種 D が貯留される。ミルクィングが完了した後、親放射性核種 P からは、再び、娘放射性核種 D の生成が始まる。これにより、吸着剤 3 からは、あらたに生成された娘放射性核種 D に基づく放射線が放射される。この成長の様子は、図 4 のグラフに示すように観察することができる。図 4 は、横軸を時間 t 、縦軸を放射能 RA とした成長曲線である。

【0023】

即ち、吸着剤 3 に吸着された親放射性核種 P から電子捕獲によって崩壊した娘放射性核種 D が成長する様子を密閉容器 2 の外部から観察することができる。この際、ミルクィングによって吸着剤 3 から除かれて第一の空間 A 1 に貯留された娘放射性核種 D から放射される放射線は、遮蔽体 4 によって遮蔽されることによって検出されることはない。

【0024】

また、図 3 の状態から、上下方向を反転させることによって、再度ミルクィングを行うことができる。即ち、線源 1 は繰返しミルクィングを行うことができる。

【0025】

また、図 5 に示すように、密閉容器 2 にピストン 8 を設けることによって、溶離液 E に圧力をかける構成としてもよい。これにより、溶離液 E が吸着剤 3 に圧送される。即ち、ピストン 8 を設けることによって、ミルクィングの速度や娘放射性核種 D の抽出量を調整することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 6 】

(娘放射性核種 D の減衰)

本発明の線源 1 は、娘放射性核種 D の減衰の様子の観察にも使用することができる。

娘放射性核種 D の減衰の様子を観察するために、図 6 に示すように、遮蔽体 4 を用いて、吸着剤 3 を遮蔽する。即ち、遮蔽体 4 を密閉容器 2 の長手方向の中央近傍に配置する。

次いで、図 7 に示すように、密閉容器 2 の上下を反転させて、溶離液 E によるミルクングを行う。ミルクングが完了すると、図 8 に示すように、密閉容器 2 の第一の空間 A 1 に娘放射性核種 D が貯留される。

【 0 0 2 7 】

ミルクングによって生成された娘放射性核種 D の壊変 (減衰) の様子は、図 9 のグラフに示すように、密閉容器 2 の外部から観察することができる。図 9 は、横軸を時間 t 、縦軸を放射能 RA とした壊変 (減衰) 曲線である。

この際、ミルクング後の親放射性核種 P から娘放射性核種 D が崩壊することにより放射される放射線は、遮蔽体 4 によって遮蔽されることによって検出されることはない。

【 0 0 2 8 】

なお、親放射性核種 P としては ^{68}Ge に限らず、 ^{87}Y 、 ^{44}Ti など、他の放射性核種の採用も可能である。ただし、特に、 $^{68}\text{Ge} - ^{68}\text{Ga}$ を用いることが、親娘両核種の寿命、放射線の性質、娘核種の化学挙動や応用価値などから、放射線測定器校正及び放射線実習用として最適である。

親放射性核種と娘放射性核種との間に放射平衡が成立し、かつ、親放射性核種が EC (電子捕獲) 崩壊する親放射性核種とその娘放射性核種の例を、表 1 に示す。

【 0 0 2 9 】

【表 1】

親核種 / 娘核種	半減期
$^{87}\text{Y} / ^{87\text{m}}\text{Sr}$	79.8 h / 2.82 h
$^{44}\text{Ti} / ^{44}\text{Sc}$	60 y / 3.97 h
$^{68}\text{Ge} / ^{68}\text{Ga}$	271 d / 67.7 m
$^{72}\text{Se} / ^{72}\text{As}$	8.4 d / 26.0 h
$^{113}\text{Sn} / ^{113\text{m}}\text{In}$	115 d / 99.5 m
$^{72}\text{Se} / ^{72}\text{As}$	8.4 d / 26 h

【 0 0 3 0 】

上記実施形態によれば、簡素な構造である密閉容器 2 の内部で、親放射性核種 P から崩壊により生成された娘放射性核種 D をミルクングすることができる。また、密閉容器 2 を上下反転させることで、容易に繰返しのミルクングを行うことができる。即ち、密閉容器 2 の外部からの制御で、繰返しミルクングなどの化学分離を行うことができる。さらに、密閉容器 2 の一部を遮蔽体 4 を用いて遮蔽することによって、娘放射性核種 D の成長や減衰を観察することができる。

【 0 0 3 1 】

また、本実施形態の線源 1 は、密閉容器 2 の長手方向が鉛直方向に沿うように配置し、上下反転させることによって、容易にミルクングを行うことができる。即ち、密閉容器 2 の内部に配置された親放射性核種 P から電子捕獲によって崩壊した娘放射性核種 D を外部からの操作により溶離させる操作を行うことができる。

【 0 0 3 2 】

また、親放射性核種 P として、ゲルマニウム 68 を採用することによって、親娘両核種の寿命、放射線の性質、娘核種の化学挙動や応用価値などから、放射線測定器の校正や実

10

20

30

40

50

習用として最適である。

特に、例えば、教育機関において、放射能の成長を観察する学習などに利用するのに最適である。また、非破壊検査、厚さ計、密度計、レベル計、癌治療などに応用することもできる。

【 0 0 3 3 】

(第二実施形態)

次に、本実施形態の第二実施形態の線源を図面に基づいて説明する。なお、本実施形態では、上述した実施形態との相違点を中心に述べ、同様の部分についてはその説明を省略する。

図 1 0 に示すように、本実施形態の線源 1 B は、ガラス製の密閉容器 2 B と、密閉容器 2 B に収容された吸着剤 3 B と、遮蔽体 4 B と、を有している。

10

【 0 0 3 4 】

密閉容器 2 B は、楕円環状に接続されたガラス管からなる環状部 1 0 と、環状部 1 0 の一部から突出する延長部 1 3 と、有している。環状部 1 0 の内部空間と、延長部 1 3 の内部空間とは連通しており、密閉容器 2 B に封入された溶離液 E は、密閉容器 2 B を傾けることにより任意の場所に移動させることができる。

【 0 0 3 5 】

環状部 1 0 は、互いに平行に配置された管状の第一直線部 1 1 及び管状の第二直線部 1 2 と、第一直線部 1 1 と第二直線部 1 2 の一端同士を滑らかに接続する管状の弧状接続部 1 4 と、第一直線部 1 1 の他端と第二直線部 1 2 の他端とを直線状に接続する管状の線状接続部 1 5 と、を有している。

20

【 0 0 3 6 】

線状接続部 1 5 は、図 1 0 に示すように、密閉容器 2 B を、弧状接続部 1 4 が上になるように、かつ、直線部 1 1 , 1 2 が鉛直方向に沿うように配置した場合、第一直線部 1 1 から第二直線部 1 2 に向かうに従って徐々に低くなるように、直線部 1 1 , 1 2 に対して傾斜して接続されている。即ち、線状接続部 1 5 は、密閉容器 2 B を、弧状接続部 1 4 が上になるように、かつ、直線部 1 1 , 1 2 が鉛直方向に沿うように配置した場合、液体が第一直線部 1 1 の側から第二直線部 1 2 の側に流れるように、直線部 1 1 , 1 2 同士を接続している。

【 0 0 3 7 】

延長部 1 3 は、第二直線部 1 2 を延長するように、第二直線部 1 2 と線状接続部 1 5 との接続箇所 1 7 から突出している。第二直線部 1 2 の延在方向と延長部 1 3 の延在方向とは一致している。換言すれば、第二直線部 1 2 と延長部 1 3 とは同一直線状に配置されている。

30

図示しないが、密閉容器 2 B は、一部が取り外し可能に形成されており、内部に放射性核種や、溶離液 E を封入することができる。

密閉容器 2 B は、例えば、試験管用のクランプ(保持部材、スタンド)を用いて、任意の角度で保持することができる。

【 0 0 3 8 】

吸着剤 3 B は、第一直線部 1 1 の内周側に配置されている。吸着剤 3 B は、吸着剤 3 B によって密閉容器 2 B の内部空間の一部である第一直線部 1 1 の内部空間が第一の空間 A 1 と第二の空間 A 2 とに区分けされるような形状をなしている。

40

【 0 0 3 9 】

遮蔽体 4 B は、第一直線部 1 1 と、延長部 1 3 との間に配置されている。線状接続部 1 5 は、遮蔽体 4 B を貫通している。遮蔽体 4 B は、線状接続部 1 5 を貫通させるための貫通部 1 8 を有している。遮蔽体 4 B は所定の固定具を用いて、密閉容器 2 B に固定されている。

遮蔽体 4 B は、第一直線部 1 1 と第二直線部 1 2 との配列方向の第一直線部 1 1 の側 V 1 から密閉容器 2 B を見た場合に、遮蔽体 4 B によって延長部 1 3 が視認できないように、かつ、配列方向の第二直線部の側 V 2 から密閉容器 2 B を見た場合に、遮蔽体 4 B によ

50

って第一直線部 1 1 が視認できないように配置されている。

【 0 0 4 0 】

遮蔽体 4 B は、一対の分割遮蔽体 1 9 (複数の部位) から形成されている。分割遮蔽体 1 9 には、貫通部用溝 2 0 が形成されており、貫通部用溝 2 0 に線状接続部 1 5 が差し込まれることで一対の分割遮蔽体 1 9 からなる遮蔽体 4 B が配置されるとともに、貫通部 1 8 が形成される。

密閉容器 2 B には、溶離液 E を封入することができる。また、本実施形態の吸着剤 3 B には、親放射性核種 P が吸着されている。

【 0 0 4 1 】

次に、本変形例の線源 1 B の使用方法について説明する。

まず、図 1 0 に示すように、弧状接続部 1 4 を上方に配置し、延長部 1 3 に溶離液 E が溜まった状態とする。次いで、図 1 1 に示すように、第二直線部 1 2 に溶離液 E が移動するように、密閉容器 2 B を傾ける。次いで、溶離液 E が第一直線部 1 1 の第一空間 A 1 に入るように、密閉容器 2 B を傾ける。即ち、延長部 1 3 に貯留されていた溶離液 E を吸着剤 3 B の上方に移動させる。

【 0 0 4 2 】

これにより、親放射性核種 P が吸着された吸着剤 3 B の上方の第一の空間 A 1 に封入された溶離液 E によって、親放射性核種 P から崩壊により生成された娘放射性核種 D がミルクキングされる。娘放射性核種 D は、線状接続部 1 5 を介して延長部 1 3 に貯留される。

【 0 0 4 3 】

この状態で、第一直線部 1 1 の近傍に配置した放射線検出器 3 1 を用いて、実施形態の線源 1 と同様に、娘放射性核種 D の成長の観察を行うことができる。この際、ミルクキングによって吸着剤 3 B から除かれて延長部 1 3 に貯留された娘放射性核種 D から放射される放射線は、第一直線部 1 1 と延長部 1 3 との間に遮蔽体 4 B が配置されていることによって検出されることはない。

【 0 0 4 4 】

また、延長部 1 3 の近傍に配置した放射線検出器 3 2 を用いて、娘放射性核種 D の減衰の観察も行うことができる。この際、ミルクキング後の親放射性核種 P から娘放射性核種 D が崩壊することにより放射される放射線は、第一直線部 1 1 と延長部 1 3 との間に遮蔽体 4 B が配置されていることによって検出されることはない。

【 0 0 4 5 】

上記実施形態によれば、遮蔽体 4 B が固定された密閉容器 2 B を回転することで、親放射性核種 P の崩壊に伴って生成した娘放射性核種 D の放射能の減衰と、親放射性核種 P の崩壊に伴って新たに生成する娘放射性核種 D の放射能の増加を二つの放射線検出器 3 1 , 3 2 を用いてそれぞれ同時に計測することができる。

【 0 0 4 6 】

以上、本発明の実施形態について図面を参照して詳述したが、各実施形態における各構成及びそれらの組み合わせ等は一例であり、本発明の趣旨から逸脱しない範囲内で、構成の付加、省略、置換、及びその他の変更が可能である。また、本発明は実施形態によって限定されることはなく、クレームの範囲によってのみ限定される。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 7 】

- 1 , 1 B 線源
- 2 , 2 B 密閉容器
- 3 , 3 B 吸着剤
- 4 , 4 B 遮蔽体
- 6 容器本体
- 7 蓋部材
- 8 ピストン
- 1 0 環状部

10

20

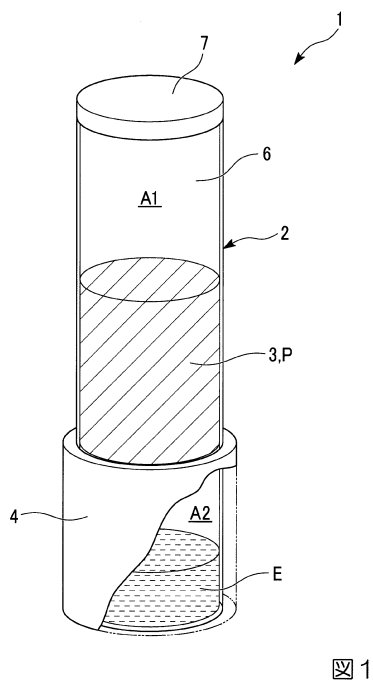
30

40

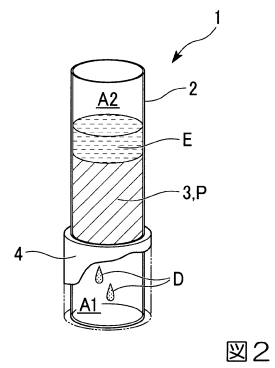
50

- 1 1 第一直線部
- 1 2 第二直線部
- 1 3 延長部
- 1 4 弧状接続部
- 1 5 線状接続部
- 1 8 貫通部
- A 1 第一の空間
- A 2 第二の空間

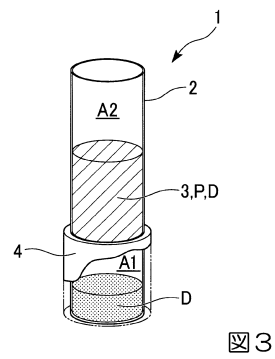
【図1】



【図2】



【図3】



【 図 4 】

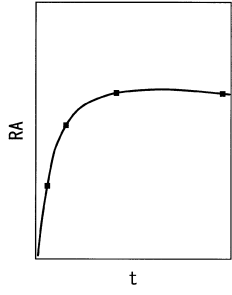


図 4

【 図 6 】

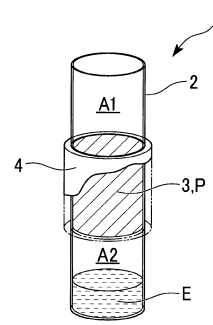


図 6

【 図 5 】

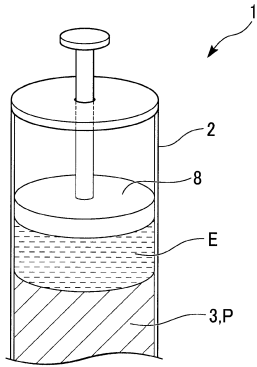


図 5

【 図 7 】

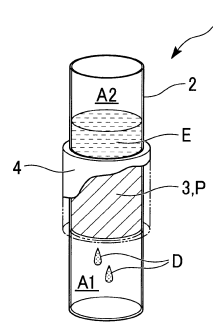


図 7

【 図 8 】

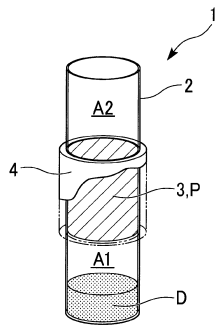


図 8

【 図 10 】

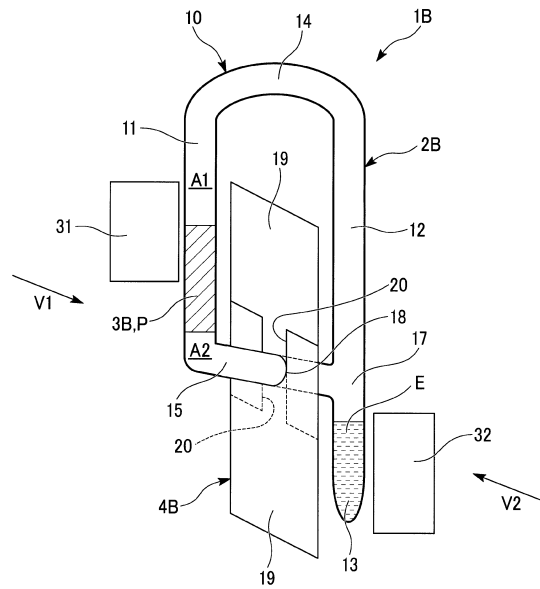


図 10

【 図 9 】

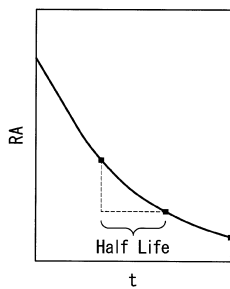


図 9

【図 1 1】

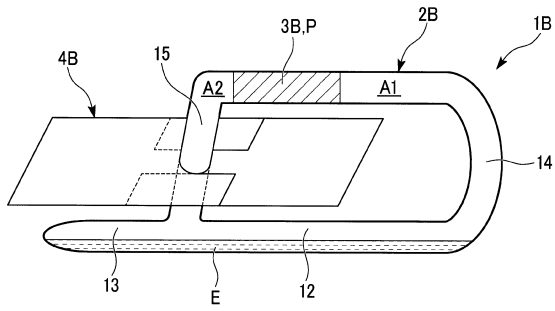


図 1 1

【図 1 2】

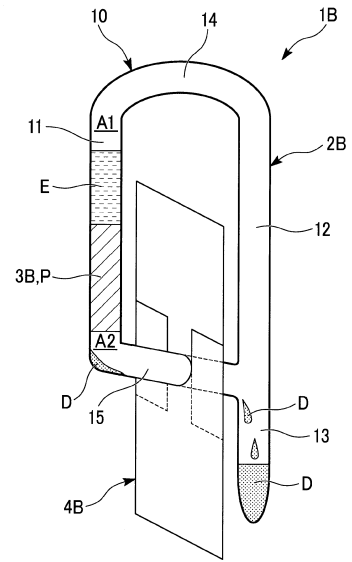


図 1 2

フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭56-104250(JP,A)
特開2015-158420(JP,A)
米国特許出願公開第2008/277350(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G21G 4/06

G21H 5/00

G21K 5/02

G01T 1/16

G01T 1/167 - 7/12

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)