

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02013/133342

発行日 平成27年7月30日(2015.7.30)

(43) 国際公開日 平成25年9月12日(2013.9.12)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G21K 5/08 (2006.01)	G21K 5/08	N 2G085
H05H 3/06 (2006.01)	H05H 3/06	
H05H 6/00 (2006.01)	H05H 6/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 23 頁)

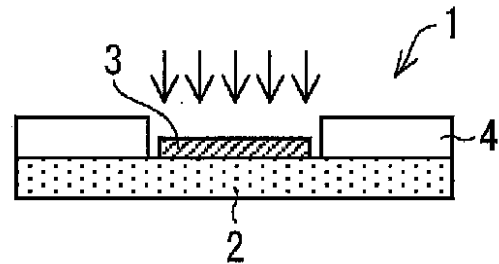
出願番号	特願2014-503524 (P2014-503524)	(71) 出願人	503359821 国立研究開発法人理化学研究所 埼玉県和光市広沢2番1号
(21) 国際出願番号	PCT/JP2013/056188	(74) 代理人	110000338 特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK
(22) 国際出願日	平成25年3月6日(2013.3.6)	(72) 発明者	山形 豊 日本国埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人理化学研究所内
(31) 優先権主張番号	特願2012-49614 (P2012-49614)	(72) 発明者	朱 正明 日本国埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人理化学研究所内
(32) 優先日	平成24年3月6日(2012.3.6)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 中性子発生源および中性子発生装置

(57) 【要約】

本発明は、新規な中性子源を提供する。本発明の中性子発生源(1)は、中性子発生材料層(3)および金属層(2)を備えており、金属層(2)は、高い水素拡散性を示し、中性子線を受けて短い半減期の放射性核種を生じる金属元素を含んでいる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽子ビームの照射を受けて中性子線を発生させる中性子発生材料層と、当該中性子発生材料層に接合されている金属層とを備えており、

上記金属層は、60 において 10^{-11} ($\text{m}^2/\text{秒}$) 以上の水素拡散係数を示し、かつ中性子線を受けて生じる放射性核種のうち総放射線量の最も多い放射性核種が12時間以下の半減期を示す金属元素を主成分として含んでいる、中性子発生源。

【請求項 2】

上記金属元素は、V、Ni、Ti およびこれらの任意の組合せの合金からなる群から選択される、請求項 1 に記載の中性子発生源。

10

【請求項 3】

上記中性子発生材料層の厚さは $50 \mu\text{m} \sim 1.2 \text{mm}$ である、請求項 1 または 2 に記載の中性子発生源。

【請求項 4】

上記中性子発生材料層は、Be、Be 化合物、Li および Li 化合物からなる群から選択される中性子発生材料を含んでいる、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の中性子発生源。

【請求項 5】

上記中性子発生材料層および上記金属層は、拡散接合またはろう付けによって接合されている請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の中性子発生源。

20

【請求項 6】

請求項 1 から 5 のいずれか 1 項に記載の中性子発生源を備えている、中性子発生装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、中性子発生源およびこれを用いた中性子発生装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、大規模な施設において利用されるようなエネルギー効率の高い中性子線の発生方法ではなく、低エネルギーのビームを利用した中性子線の発生方法の開発が始められている。このような方法では、例えば陽子ビームをターゲット（例えば Be または Li など）に照射して核反応を起こさせることによって、中性子線を生じさせる。この方法は、非常に低エネルギーの陽子ビームを利用して中性子線を発生させ得る。

30

【0003】

上記方法にしたがえば、例えば大規模な施設では許容され得る巨大な放射線遮蔽構造は不要である。よって、上記方法を利用する中性子源は、小規模な施設における利用のために非常に適していると考えられる。特に 13 MeV 以下のエネルギーを有している陽子ビームを利用すれば、生じる放射化物の量が非常に少ないため、取扱いが容易になり得る。

【0004】

しかし、低エネルギーの陽子ビームは、ターゲットに対する侵入深さが非常に浅い。これにともなって、材料に照射された陽子が水素になって留まり、ターゲット内の局所に蓄積し易い。このため、主に水素脆化のメカニズムによってターゲットが極めて短時間に破壊されることが知られている。こうした現象は、ブリストリング (Blistering) と呼ばれており、上述の方法を利用した低エネルギー中性子発生装置において実用上の致命的な問題である。

40

【0005】

上記問題を鑑みて種々の研究がなされている。Li を用いた $\text{Li}(p, n)$ 反応によって中性子を発生させる中性子源が報告されている（非特許文献 1 ~ 4）。

【0006】

非特許文献 1 ~ 3 では、Li ターゲットのブリストリングについて検証されている。詳

50

細には、2.5 MeV または 1.9 MeV の陽子ビームを用いて Li ターゲットを照射した場合、10 mA のビーム電流によって約 3.5 時間後にプリスタリングが発生すると報告されている。これらの文献では、BNCT 療法 (Boron Neutron Capture Therapy) における 1 回の照射時間が上述の時間より短いので、プリスタリングは実用上の問題にならないと結論付けている。

【0007】

非特許文献 4 にはターゲットの水素脆化を防ぐ構造について報告されている。当該報告によれば、水素透過性の高い Pd の薄膜が Li の下部に形成されている上記構造によって、Li を透過した陽子 (水素原子) を吸収拡散させている。

【0008】

非特許文献 5 には、Li 以外のターゲットを用いて水素脆化を防止するためのシミュレーションの結果が示されている。当該シミュレーションでは、薄い Be および Nb を接合して中性子源を形成すると、照射された陽子ビームのほとんどが Be を貫通して Nb 内にとどまるため、水素脆化を防止し得るとの結果が得られている。よって、この構造は、長時間にわたって安定な中性子源の水素脆化を防止できる可能性がある。

【0009】

また、非特許文献 6 には、陽子ビームを照射したときに種々の金属においてプリスタリングが発生する条件についての試験の結果が報告されている。当該試験は、200 keV の陽子ビームを照射した後の金属を光学的手法および電子顕微鏡などによって観察することによって実施されている。上記結果として、V および Ta は、試験された条件範囲ではプリスタリングの発生は見られないと報告されている。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献 1】B. Bayanov et. al., Neutron producing target for acceleratorbased neutron capture therapy, Journal of Physics Conference Series 41 pp.460-465, 2006 Institute of Physics Publishing

【非特許文献 2】B. Bayanov et. al., A neutron producing target for BINP accelerator-based neutron source, Applied Radiation and Isotopes, Volume 67, Issues 7-8, Supplement, Pages S282-S284, 2009

【非特許文献 3】V. Aleynik et. al., BINP acceleratorbased epithermal neutron source, Applied Radiation and Isotopes vol.69, pp.1635-1638, 2011

【非特許文献 4】C. Willis et. al., High-power lithium target for accelerator-based BNCT, Proceedings of the XXIV Linear Accelerator Conference, pp.223-225, 2008

【非特許文献 5】J. Ju et. al., Simulation and design of beryllium target combined with hydrogen diffusible metal for compact neutron source in RIKEN, PS2-074, p.359, Abstract of 1st Asia-Oceania Conference on Neutron Scattering, 2011

【非特許文献 6】S. V. Polosatkin et. al., Experimental Studies of Blistering of Targets Irradiated by Intense 200keV Proton Beam, Proceedings of the 9th Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows, Sep. 21-26, pp.131-134, 2008

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

例えば、非特許文献 1 ~ 3 の技術では、ターゲットは、長時間の (例えば 3.5 時間を超える) 連続運転においてプリスタリングを生じる。よって、短時間の運転によって目的を果し得る用途のみにしか適用できない。非特許文献 4 の技術では、Pd 膜が十分に厚くないため、陽子ビームによる水素脆化を完全に防げない可能性がある。非特許文献 5 の技術では、実用的な小型の中性子源に至る可能性はあるが、あくまで可能性の範囲である。非特許文献 6 に記載の技術では、ダイバータなどのプラズマ対向機器 (FPC) としての

10

20

30

40

50

材料の性質を検討しているに過ぎない。具体的には、中性子発生の閾値のエネルギー（ 2 MeV ）に満たない条件でのみ材料が試験されており、中性子源におけるターゲットにとっては、なんらの参考にもならない。

【0012】

以上のように、小型の中性子源およびこれを備えている中性子発生装置を実用化するには、種々の改良が必要であると考えられる。

【0013】

本発明は上述の課題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的は、新規な小型の中性子源を提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【0014】

上記課題を解決するために、本発明の中性子発生源は、陽子ビームの照射を受けて中性子線を発生させる中性子発生材料層と、当該中性子発生材料層に接合されている金属層とを備えており、上記金属層は、 60 において 10^{-11} 以上の水素拡散係数を示し、かつ中性子線を受けて生じる放射性核種のうち総放射線量の最も多い放射性核種が12時間以下の半減期を示す金属元素を主成分として含んでいる。

【0015】

上記課題を解決するために、本発明に係る中性子発生装置は、上記中性子発生源を備えている。

【発明の効果】

20

【0016】

以上のように、本発明によれば、実用化に求められる条件を満たしている小型の中性子発生源を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態に係る中性子源の構成を示す断面図である。

【図2】(a)は本発明の一実施形態に係る中性子発生装置の構成の概略を示しており、(b)は一実施形態に係る中性子発生装置における中性子源および冷却媒体の断面を示している。

【図3】(a)は、PSTAR (National Institute of Standard Technology) による算出結果を示しており、(b)はBeに入射した後の陽子ビームのエネルギーの減衰と侵入深さとの関係を示している。

30

【図4】(a)は、Beの厚さを $365\ \mu\text{m}$ 、Vの厚さを十分に厚いと設定したときの、陽子ビームが到達する深度についてシミュレーションした結果を示しており、(b)は、Beのビーム入射面からの距離に対する熱エネルギーのグラフを示しており、(c)は、Beのビーム入射面からの距離に対する水素イオンの発生量のグラフを示しており、(d)は、Beのビーム入射面からの距離に対する反跳原子の分布を示している。

【図5】(a)は、水素が発生するVにおける深さを模式的に示しており、(b)は、Vにおける水素濃度の分布のシミュレーション結果を示している。

【図6】(a)は、中性子源にとって必要な機械的強度を得るためのVの厚さを評価する構成を模式的に示しており、(b)は、ターゲットの直径を $100\ \text{mm}$ に設定した中性子源に定圧が加えられた場合の応力を有限要素法により算出した例を示しており、(c)は、(b)の算出結果に基づいた、所望の機械的強度に必要なVの厚さのグラフを示している。

40

【図7】(a)は、中性子発生装置の放熱性を評価する条件を模式的に示しており、(b)は、冷却水の流速が $0.1\ \text{m/秒}$ または $0.5\ \text{m/秒}$ であるときの、2次元の解析による温度分布を示しており、(c)は、 $10\ \text{kW}$ および $20\ \text{kW}$ の陽子ビームを照射したときの、冷却水の流速と、V-水界面における最高温度(左)およびBeにおける最高温度(右)との関係のグラフを示している。

【発明を実施するための形態】

50

【0018】

〔中性子源1〕

図1を参照して、本発明の一実施形態に係る中性子源について以下に説明する。図1は、本発明の中性子源の構成の一例を示す概略図である。図1に示すように、中性子源1は、ターゲット層（中性子発生材料層）3、支持層（金属層）2、および保護部4を備えている。

【0019】

ターゲット層3は、図1における矢印の方向に沿った陽子ビームの注入を受けて、中性子線を発生させる。支持層2は、ターゲット層3と接合されていることによって、ターゲット層3の、放熱性を高め、水素脆化を防止し、機械的強度を補う部材である。すなわち、中性子源1は、例えば、小規模な施設において取扱い可能な小型の中性子発生装置に適用される中性子源である。保護部4は、このような中性子源において一般的な保護部材である。小型の中性子源1における各部材のさらなる詳細について以下に示す。

10

【0020】

〔支持層2〕

支持層2は、少なくとも1つの金属元素を主成分として含んでいる。当該金属元素は、60において 10^{-11} 以上の水素拡散係数を示し、中性子線を受けて12時間以下の半減期を示す放射性核種を生じる。当該放射性核種は、当該金属元素から生じる放射性核種のうち総放射線量の最も多い放射性核種である。

【0021】

すなわち、支持層2は、陽子ビームの注入によって生じる、ターゲット層3および支持層2における水素を速やかに層内部において拡散させることによって、水素の最大濃度を減衰させるか、または外部に放出し、中性子線を受けても短時間に放射能を失う。したがって、支持層2は、支持層2およびターゲット層3に水素が蓄積することによって生じる水素脆化を防止し、中性子源1の、長期間にわたる利用および長時間の連続運転を可能にする。さらに、支持層2は、中性子線を受けて上記金属元素が放射性核種に転換されたとしても、短時間に放射能を失うため人間による取扱いが非常に容易である。ここで取扱いとは、人間による中性子源1のメンテナンスなどである。例えば、1日間から長くとも数日間にわたって陽子ビームの照射を停止すれば、人間が中性子源1に触れることが可能な程度にまで放射能が低下している。よって、定期的なメンテナンスを安全に実施することができる。

20

30

【0022】

以上のことから、本発明に係る中性子源1は、耐久性に優れ、適用範囲が広く（運転時間に制限を受けない）、人体にとって安全性が高い。中性子源1は、特に水素脆化の防止が可能であると同時に、定期的なメンテナンスが容易であるため、耐久性に極めて優れている。

【0023】

上述のように、ターゲット層3は支持層2によって機械的強度が補われている（例えば、5気圧まで耐久可能な）ため、ターゲット層3の厚さおよび大きさを任意に設定し得る。低エネルギーの陽子ビームは、ターゲット層3に対する侵入深さが小さい。よって、ターゲット層3を十分に薄くすれば、ターゲット層3に照射された後に、中性子が発生するエネルギーの閾値（例えば、 $B e(p, n)$ 反応の場合に約 $2 MeV$ 、 $L i(p, n)$ 反応の場合に約 $1.9 MeV$ ）未満まで減衰した陽子ビームが支持層2に到達する。このとき、ほぼすべての水素は支持層2において発生する。よって、水素は、支持層2の水素拡散係数の高さにしたがって拡散されて、速やかに中性子源1の外部に放出される。また、このような場合、ターゲット層3を貫通していく陽子ビームのエネルギーは、常に $2 MeV$ 以上であるため、中性子線の発生効率を低下させることはほとんどない。これに加えて、ターゲット層3の大きさを特に小さくする必要がないので、照射範囲を絞った（大電流の）陽子ビームを使用せずに済む。

40

【0024】

50

上述のように、支持層 2 は上記金属元素を主成分として含んでいる。本明細書において“主成分として含んでいる”は、支持層 2 を構成する分子の総モル数の過半数を超えるモル数において上記金属元素が含まれていることを意味する。ここで、支持層 2 は、50 モル%を超える上記金属元素、または 60 モル%、70 モル%、80 モル%、90 モル%または 99 モル%以上の上記金属元素を含んでいる。支持層 2 に含まれている上記金属元素の割合が高いほど好ましい。これは、所望されない程度に長い半減期を有している放射性核種が生成される量が少なくなるためである。

【0025】

上記金属元素は、単独にか、または 2 種類以上の組合せとして支持層 2 に含まれている。組合せとして上記金属元素が支持層 2 に含まれている場合、2 種類以上の上記金属元素のモル%の合計が、支持層 2 において 50 %を超えている。また、組合せとして上記金属元素が支持層 2 に含まれている場合、例えば、上記金属元素は合金として支持層 2 内に存在し得る。上記金属元素の合金は、3 種類以下の金属元素から形成されていることが好ましい。これは、生成される放射性核種の種類を少なくすることによって、中性子源 1 の制御を容易にする。

10

【0026】

本明細書において“総放射線量の最も多い放射性核種”は、上記金属元素が中性子線を受けて生成される放射性核種が 1 種類である場合に当該放射性核種を意味し、上記金属元素が中性子線を受けて生成される放射性核種が 2 種類以上である場合に、単位時間の中性子線の照射によって通常の同位体組成を有している元素 1g あたりに生成される放射性核種のうちで最も放射能の高い放射性核種を意味する。

20

【0027】

したがって、本発明に係る上記金属元素は、例えば、中性子線を受けて、12 時間を超える半減期を示す第 1 の放射性核種を、生成されるすべての放射性核種の生成量の（単に“全体の”と記載する）30 %生成し、12 時間以下の半減期を示す第 2 の放射性核種を全体の 70 %生成する金属元素をその範囲に包含している。逆に、12 時間を超える半減期を示す第 1 の放射性核種を全体の 40 %生成し、12 時間以下の半減期を示す第 2 の放射性核種を全体の 35 %生成し、12 時間以下の半減期を示す第 3 の放射性核種を 25 %生成する金属元素は、本発明に係る金属元素に該当しない。なお、上述のパーセンテージは、生成された放射性核種が示す線量（Bq）に基づいて決定される。

30

【0028】

上記金属元素は、V、Ni、Ti およびこれらの任意の組合せの合金からなる群から選択されることが好ましい。これらの金属元素は、水素拡散係数が高く、中性子線を受けて半減期の短い放射性核種を主に生成する。特に、上記金属元素から主に生成される放射性核種の半減期は、 ^{65}Ni において約 2.5 時間であり、 ^{52}V に至っては約 3.7 分間と極めて短い。よって、これらの金属元素を主成分として含んでいる支持層 2 を用いた場合（特に当該金属元素が V の場合）、例えば、陽子ビームの照射を中止してから 24 時間後に元の 10^{-10} 以下まで放射性が低下する。したがって、中性子源 1 の取扱いが極めて容易になる。

40

【0029】

また、上記ターゲット層 3 と支持層 2 とは拡散接合またはろう付けによって接合されていることが好ましい。この接合によって、支持層 2 の機械的強度に基づいて中性子源 1 に加わる圧力による中性子源 1 の変形を確実に防止し得る。

【0030】

（ターゲット層 3）

ターゲット層 3 は、陽子ビームとの低エネルギー核反応によって中性子線を発生させる金属元素または金属化合物を含んでいる。したがって、ターゲット層 3 は、非常に低エネルギー（例えば 13 MeV 以下）の陽子ビームを利用して、中性子線を発生させ得る。13.8 MeV を超える陽子ビームをターゲット層 3 に照射すると、トリチウムの生成反応が生じる。生成される放射性核種の種類および量を減らすという観点から、上述のような

50

低エネルギーの陽子ビームをターゲット層 3 に照射することが好ましい。

【0031】

当該金属元素または金属化合物は、Be、Be化合物、LiおよびLi化合物からなる群から、好ましく選択される。Be化合物の一例としては、BeO（酸化ベリリウム）が挙げられる。Li化合物の一例としては、LiF（フッ化リチウム）、 Li_2CO_3 （炭酸リチウム）、 Li_2O （酸化リチウム）等が挙げられる。このような材料を用いることによって、非常に低いエネルギーの陽子ビームを用いて、トリチウムなどを生成させることなく中性子を発生させ得る。したがって、生成される放射性核種の種類および量を十分に減らすことが可能であり、中性子源 1 の取扱いがさらに容易になる。

【0032】

ターゲット層 3 の厚さは、 $50\mu m \sim 1.2mm$ であることが好ましい。ターゲット層 3 がこのような範囲の厚さを有していれば、ターゲット層 3 を貫通して支持層 2 に到達する陽子ビームのエネルギーは中性子発生閾値程度まで減衰する。上述のような下限値を採用すれば、ターゲット層 3 および支持層 2 をろう付けによって接合する場合に必要なろう剤におけるエネルギーの減衰分を考慮にいて、支持層 2 に達する陽子ビームのエネルギーは中性子発生閾値程度まで減衰する。また、上述のような上限値を採用すれば、 $13MeV$ のエネルギーを有している陽子ビームをBeに照射したとき、 $1.2mm$ の深さに達した陽子ビームは中性子発生閾値程度まで減衰する。

【0033】

したがって、例えば、上述のような厚さのBeを用いれば、 $3.5 \sim 13MeV$ の範囲のエネルギーの陽子ビームを実用的に利用可能である。よって、上述した通り、中性子の発生効率を低下させることなく、大部分の水素を支持層 2 に発生させ得る。つまり、ターゲット層 3 の水素脆化を防止しつつ、高効率に中性子を取り出すことができる。

【0034】

また、ターゲット層 3 の陽子ビームの照射を受ける面の形状は特に限定されない。しかし、当該形状は、陽子ビームの照射を考慮して一般的に略円形である。図 1 に示すように、ターゲット層 3 の周囲には、保護部 4 が設けられている。保護部 4 は、このような中性子源 1 において通常の構成であるため、特にその詳細について説明しない。また、図 1 に示すとおり、ターゲット層 3 は、上記面の反対側の面において支持層 2 と接合されている。さらに、ターゲット層 3 の断面の形状は、複数の凹凸が連なる三角波状であり得る。この形状によって、陽子ビーム等の熱を効率的に分散させることが可能となるため、本発明に係る中性子源 1 はさらなる大電流の陽子ビームに対しても適応可能になる。

【0035】

以上のことから、本発明に係る中性子源 1 は、中性子の収率を下げることなく、水素脆化による破壊を防止し、十分な機械的強度を示し、短期間において放射能を失う。したがって、本発明に係る中性子源 1 は、長時間にわたる連続運転、優れた耐久性、およびメンテナンスの容易さなど、実用化に必要とされるあらゆる条件を満たしている。

【0036】

〔中性子発生装置〕

次に図 2 を参照して、本発明の一実施形態に係る中性子発生装置を以下に説明する。図 2 の (a) は、本発明の一実施形態に係る中性子発生装置の構成例の概略を示している。図 2 の (b) は、一実施形態に係る中性子発生装置における中性子源および冷却媒体の一部の断面を示している。

【0037】

図 2 の (a) に示すように、中性子発生装置 10 は、中性子源 1、冷却媒体供給部 5、流路 6、筐体 8、陽子ビーム生成部 11 および減圧装置 12 を備えている。中性子源 1 は、ターゲット層 3 が中性子発生装置 10 の筐体 8 内部の上面と対向するように設置されている。筐体 8 の上面には陽子ビーム入射口 7 が形成されている。陽子ビーム入射口 7 は、陽子ビーム生成部 11 と接続されており、中性子源 1 のターゲット層 3 に陽子ビームを照射可能にしている。筐体 8 内部には減圧装置 12 が接続されており、筐体 8 の上面と中性

10

20

30

40

50

子源 1 との間の空間は真空に保たれている。また、冷却媒体供給部 5 と接続されている流路 6 が、中性子源 1 の支持層 2 と接して設けられている。

【 0 0 3 8 】

すなわち、本発明に係る中性子発生装置 1 0 は、中性子源 1 および流路 6 を除いて、一般的な中性子発生装置と同様の構成を有している。したがって、中性子源 1 および流路 6 についてのみその詳細を説明する。中性子源 1 の構成については、上述の項目に記載の通りであるため、重複して説明しない。

【 0 0 3 9 】

図 2 の (a) に示すように、冷却媒体供給部 5 からの冷却媒体は、図面における矢印の方向に流路 6 内を流れる。流路 6 の支持層 2 と接する箇所において冷却媒体は中性子源 1 に発生した熱を吸収し、中性子源 1 を冷却する。このときの状態についてさらに説明する。

10

【 0 0 4 0 】

図 2 の (b) に示すように、ターゲット層 3 に照射された陽子ビームは、ターゲット層 3 を貫通して、支持層 2 に達する。このとき、陽子に基づく水素は支持層 2 によって吸収および拡散される。支持層 2 のターゲット非形成面は、流路 6 内の冷却媒体と直接的に接している。よって、水素拡散係数の大きい支持層 2 から水素が冷却媒体に放出される。すなわち、冷却媒体は、中性子源 1 の冷却および水素の除去の 2 つの働きを有している。このため、本発明に係る冷却媒体供給部 5 および流路 6 は、中性子源 1 の冷却によって、中性子源 1 の融解、変形および破壊などを防止すると同時に、中性子源 1 の水素脆化のおそれをさらに低下させている。なお、冷却媒体は、中性子源 1 を冷却し得る流体であれば特に限定されないが、冷却媒体の例としては、水、油および液体金属などが挙げられる。

20

【 0 0 4 1 】

ここでは、冷却媒体と支持層 2 とが直接的に接している構成を例に挙げて説明した。しかし、流路 6 が独立した管として形成されており、冷却媒体と支持層 2 とが直接的に接することのない構成であり得る。

【 0 0 4 2 】

中性子源 1 は、例えば、エラストマーを用いた O リングまたは金属ガスケット等のシール部材 1 3 を介して、筐体 8 に取りつけられ得る (図 2 の (b))。これは、筐体 8 と中性子源 1 との界面からの冷却媒体の侵入を防止し、かつビーム入射側の真空度を維持するためである。このような構造を採用することによって中性子源 1 の交換を容易に行い得る。

30

【 0 0 4 3 】

以上のことから、上記中性子源 1 を備えている中性子発生装置 1 0 は、耐久性に優れ、適用範囲が広く (運転時間に制限を受けない)、人体にとって安全性が高い。よって、例えば、小規模な施設に設置される医療機器などへの応用に適している。

【 0 0 4 4 】

〔まとめ〕

上記課題を解決するために、本発明の中性子発生源 (中性子源 1) は、陽子ビームの照射を受けて中性子線を発生させる中性子発生材料層 (ターゲット層 3) と、当該中性子発生材料層に接合されている金属層 (支持層 2) とを備えており、上記金属層は、60 において 10^{-11} 以上の水素拡散係数を示し、かつ中性子線を受けて生じる放射性核種のうち総放射線量の最も多い放射性核種が 12 時間以下の半減期を示す金属元素を主成分として含んでいる。

40

【 0 0 4 5 】

また、本発明の中性子発生源において、上記金属元素は、V、Ni、Ti およびこれらの任意の組合せの合金からなる群から選択されることが好ましい。

【 0 0 4 6 】

また、本発明の中性子発生源において、上記中性子発生材料の厚さは $50 \mu\text{m} \sim 1.2 \text{mm}$ であることが好ましい。

50

【 0 0 4 7 】

また、本発明の中性子発生源において、上記ターゲットは、Be、Be化合物、LiおよびLi化合物からなる群から選択されることが好ましい。

【 0 0 4 8 】

また、本発明の中性子源において、上記ターゲットおよび上記支持層は、拡散接合またはろう付けによって接合されていることが好ましい。

【 0 0 4 9 】

上記課題を解決するために、本発明に係る中性子発生装置10は、上記中性子発生源を備えている。

【 実施例 】

【 0 0 5 0 】

本発明に係る中性子源について、具体的な例を挙げてさらなる詳細を説明する。本実施例では、図3~7を参照して、特定の材料を使用した中性子源の種々の性質についてシミュレーションを行った結果を示す。

【 0 0 5 1 】

(条件)

ターゲットの材料：Be、支持層の材料：V、接合方法：拡散接合(直接接合)、照射する陽子ビームの強度：7 MeV (10 kW)。

【 0 0 5 2 】

上記の条件において、以下の項目について検討した。

1. 中性子発生効率の最大化、2. 中性子源に対する陽子ビームの侵入深さ、および水素の拡散、3. 機械的強度、4. 放熱性、5. 生成される放射性核種、半減期、および水素拡散係数。

【 0 0 5 3 】

(1. 中性子発生効率の最大化)

Beターゲットに対して7 MeVの陽子ビームを照射したときの侵入深さとエネルギーとの関係について調べた結果を図3に示す。図3に示すように、Be(p, n)反応における中性子発生の閾値である2 MeVまで陽子ビームのエネルギーが減衰するのは、約368 μmの深さに達したときであると推定できる。よって、Beターゲットの厚さを368 μm以下に設定すれば、Beターゲットを通過している陽子ビームは任意の深さにおいて中性子の発生に寄与すると考えられる。

【 0 0 5 4 】

(2. 中性子源に対する陽子ビームの侵入深さおよび水素の拡散)

1. の結果に基づいて、Beターゲットの厚さ=365 μm、Vの厚さ=充分厚いという条件を設定し、シミュレーションコード(SRIM、<http://www.srim.org/by> James F. Zieglerのウェブページを参照)によって、中性子源における陽子ビーム(水素)に関する種々のシミュレーションを行った。それらの結果を図4に示す。

【 0 0 5 5 】

図4の(a)は、Beの厚さを365 μm、Vの厚さを十分に厚いと設定したときの、陽子ビームが到達する深度についてシミュレーションした結果を示している。図4の(b)は、Beのビーム入射面からの距離に対する熱エネルギーのグラフを示している。図4の(c)は、Beのビーム入射面からの距離に対する水素イオンの発生量のグラフを示している。図4の(d)は、Beのビーム入射面からの距離に対する反跳原子の分布を示している。

【 0 0 5 6 】

図4の(a)および(d)に示すように、Beターゲット内では反跳原子がほとんど生じておらず、支持層内でもその発生量は少なく、本実施例の中性子源は陽子ビームによって損傷を受けにくいことが分かった。また、図4の(c)に示すように、大部分の水素原子は支持層(V)に堆積することが確認できた。図4の(b)に示すように、熱エネルギーのほとんどが、支持層(V)に生じることが明らかとなった。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

図4の結果に基づいて、長時間にわたって陽子ビームを照射したときの支持層（V）に生じる水素の濃度を、拡散方程式に基づく有限要素法（COMSOL Multiphysics 4.0、COMSOL社（スウェーデン））によって計算した。その結果を図5に示す。図5の（a）は、水素が発生するVにおける深さを模式的に示している。図5の（b）は、Vにおける水素濃度の分布のシミュレーション結果を示している。

【 0 0 5 8 】

図5の（b）に示すように、陽子ビームが連続的に照射されている定常状態にあっても、水素原子の濃度は、最大で 1.3 mol/m^3 であり、Vの水素脆化が起こるとされる限界値（原子数密度比で約30%）： $3.5 \times 10^4 \text{ mol/m}^3$ を大きく下回っている。支持層の材料としてVを採用すれば、水素脆化は発生しないと考えられる。

10

【 0 0 5 9 】

（ 3 . 中性子源の機械的強度 ）

中性子源が実際に使用されるとき、陽子ビームが入射するターゲット側は真空であり、支持層側は冷却媒体と接している。このため、中性子源は、大気および冷却水から加わる圧力によって変形しない機械的強度を有している必要がある。したがって、ターゲットの直径を100mmに設定し、一定の圧力が加えられた場合の応力を有限要素法によって評価した。その結果を図6に示す。

【 0 0 6 0 】

図6の（a）は、中性子源にとって必要な機械的強度を得るためのVの厚さを評価する構成を模式的に示している。図6の（b）は、ターゲットの直径を100mmに設定した中性子源に定圧が加えられた場合の応力を、構造力学に基づく有限要素法（COMSOL Multiphysics 4.0、COMSOL社（スウェーデン））によって算出した例を示している。図6の（c）は、図6の（b）の算出結果に基づいた、所望の機械的強度に必要なVの厚さのグラフを示している。

20

【 0 0 6 1 】

図6の（b）および（c）に示すように、安全率を5.5に設定し、Vの降伏応力を80MPaとすると、冷却水の圧力が1.2気圧のとき、3.4mm以上の厚さの支持層は外部から加わる圧力に十分に耐え得ることが明らかとなった。

【 0 0 6 2 】

（ 4 . 放熱性 ）

放熱性を評価するために、陽子ビームによって発生する熱量の深さ方向の分布をSRIMコードによって計算した。これを近似的に境界条件として、数値流体力学/熱伝導連成計算モデルに基づく有限要素法（COMSOL Multiphysics 4.0、COMSOL社（スウェーデン））に適用することによって、放熱解析を行った。その結果を図7に示す。

30

【 0 0 6 3 】

図7の（a）は、中性子発生装置の放熱性を評価する条件を模式的に示している。図7の（b）は、冷却水の流速が0.1m/秒または0.5m/秒であるときの、2次元の解析による温度分布を示している。図7の（c）は、10kWおよび20kWの陽子ビームを照射したときの、冷却水の流速と、V-水界面における最高温度（左）およびBeにおける最高温度（右）との関係のグラフを示している。

40

【 0 0 6 4 】

図7の（b）示すように、7MeV、10kWの陽子ビームを照射した場合、冷却水の温度を100未満に維持するためには、約0.5m/秒の流速が必要であることがわかった。図7の（c）に示すように、0.5m/秒の流速のときのBe表面の温度は、約200であり、Beの融点（1287）を大きく下回っていた。つまり、約0.5m/秒の流速の水を用いて冷却することによって、中性子源の熱的な破壊が起こらないことがわかった。

【 0 0 6 5 】

50

(5 . 元素ごとに生成される放射性核種、半減期、および各材料の水素拡散係数)
 元素、生成される放射性核種および半減期の部分的な一覧を以下に示す。

【 0 0 6 6 】

【 表 1 】

元素	生成される放射性核種	半減期
N i	$^{65}\text{N i}$	2 . 5 時間
N b	$^{94}\text{N b}$	2×10^4 年間
V	^{52}V	3 . 7 分間
T i	$^{51}\text{T i}$	5 . 7 6 分間
P d	$^{109}\text{P d}$ 、 $^{111}\text{P d}$	1 3 . 7 時間、2 3 . 4 分間
A g	$^{108}\text{A g}$ 、 $^{110}\text{A g}$	2 . 3 分間、2 4 9 日間

10

【 0 0 6 7 】

表 1 に示すように、水素拡散係数が相対的に高い金属元素のうち、生成される放射性核種の半減期が相対的に短いのは、V、T i および N i である。特に V および T i は、それぞれ 3 . 7 分間および 5 . 7 6 分間と非常に短く、生成から 2 4 時間後に約 10^{-10} 以下に減衰する。よって、人間が触れたときに悪影響をほとんど及ぼさない。したがって、以上の実施例では、支持層の材料として V のみを例示していたが、T i および N i のみを材料とする支持層、ならびに V、T i および N i の任意の組合せの合金を材料とする支持層は、本発明の中性子源にとって好適であると考えられる。

20

【 0 0 6 8 】

また、V は、6 0 において 7×10^{-9} ($\text{m}^2 / \text{秒}$) の水素拡散係数を示すことが知られている。8 5 % の V および 1 5 % の N i の合金は、6 0 において 2×10^{-11} ($\text{m}^2 / \text{秒}$) の水素拡散係数を示すことが知られている。よって、このような高い水素拡散係数を示す金属元素または合金は、本発明の支持層を形成する材料として好適である。

【 0 0 6 9 】

以上の結果から、上述の設計にしたがって作製された本発明に係る中性子源は、高効率の中性子発生の維持、水素脆化による破壊の防止、高い機械的強度、および速やかな放射性の消失を実現し得る。つまり、当該中性子源は、高い安全性、優れた耐久性、広い適用範囲、および高い利便性をもたらし得る。

30

【 0 0 7 0 】

なお、以上において、特定の種類のビーム、特定の強度のビームおよび特定のターゲット材料に関して種々のシミュレーションおよび演算を行っている。しかし、これらのシミュレーションおよび演算は、次のような条件を変更した場合にも適用可能である。変更可能な条件は、例えば、他の量子ビーム (例えば重陽子) を用いること、約 2 . 5 M e V ~ 1 3 M e V の範囲においてビームのエネルギーを変更すること、および他のターゲットの材料を採用することである。さらに、放射性核種の生成量が増加するが、1 3 M e V を超えるエネルギーのビームが採用され得る。

40

【 0 0 7 1 】

本発明は、上述した実施形態および実施例に限定されず、請求の範囲に示した範囲において種々の変更が可能である。したがって、異なる実施形態および実施例にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせることによって得られる実施形態はまた、本発明の技術的範囲に包含される。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 7 2 】

本発明は、低エネルギーの陽子ビームを利用した小型の中性子発生装置に利用可能である。

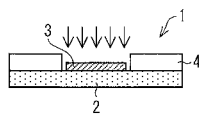
50

【符号の説明】

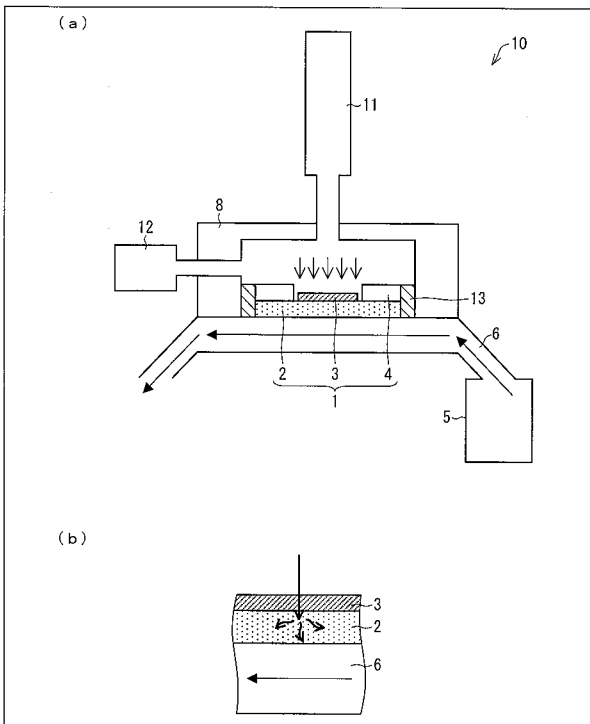
【0073】

- 1 中性子源（中性子発生源）
- 2 支持層（金属層）
- 3 ターゲット層（中性子発生材料層）
- 4 保護部
- 5 冷却媒体供給部
- 6 流路
- 7 陽子ビーム入射口
- 8 筐体
- 10 中性子発生装置
- 11 陽子ビーム生成部
- 12 減圧装置
- 13 シール部材

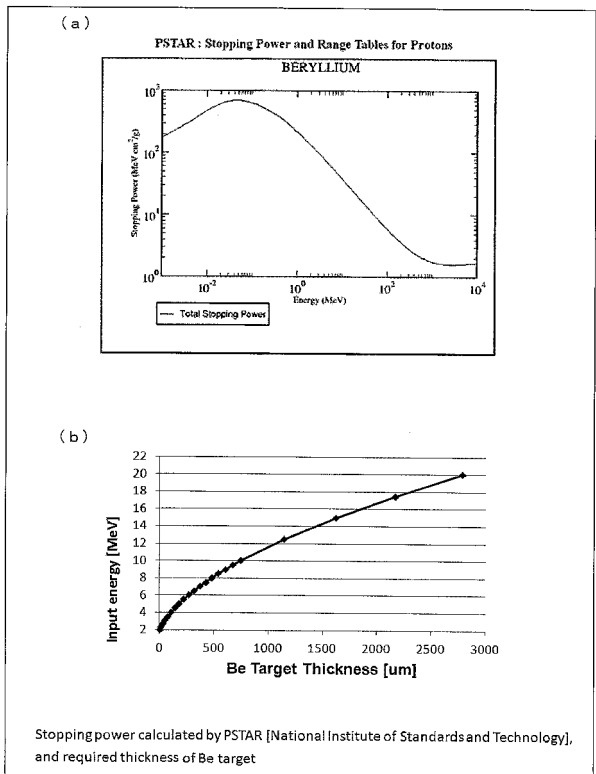
【図1】



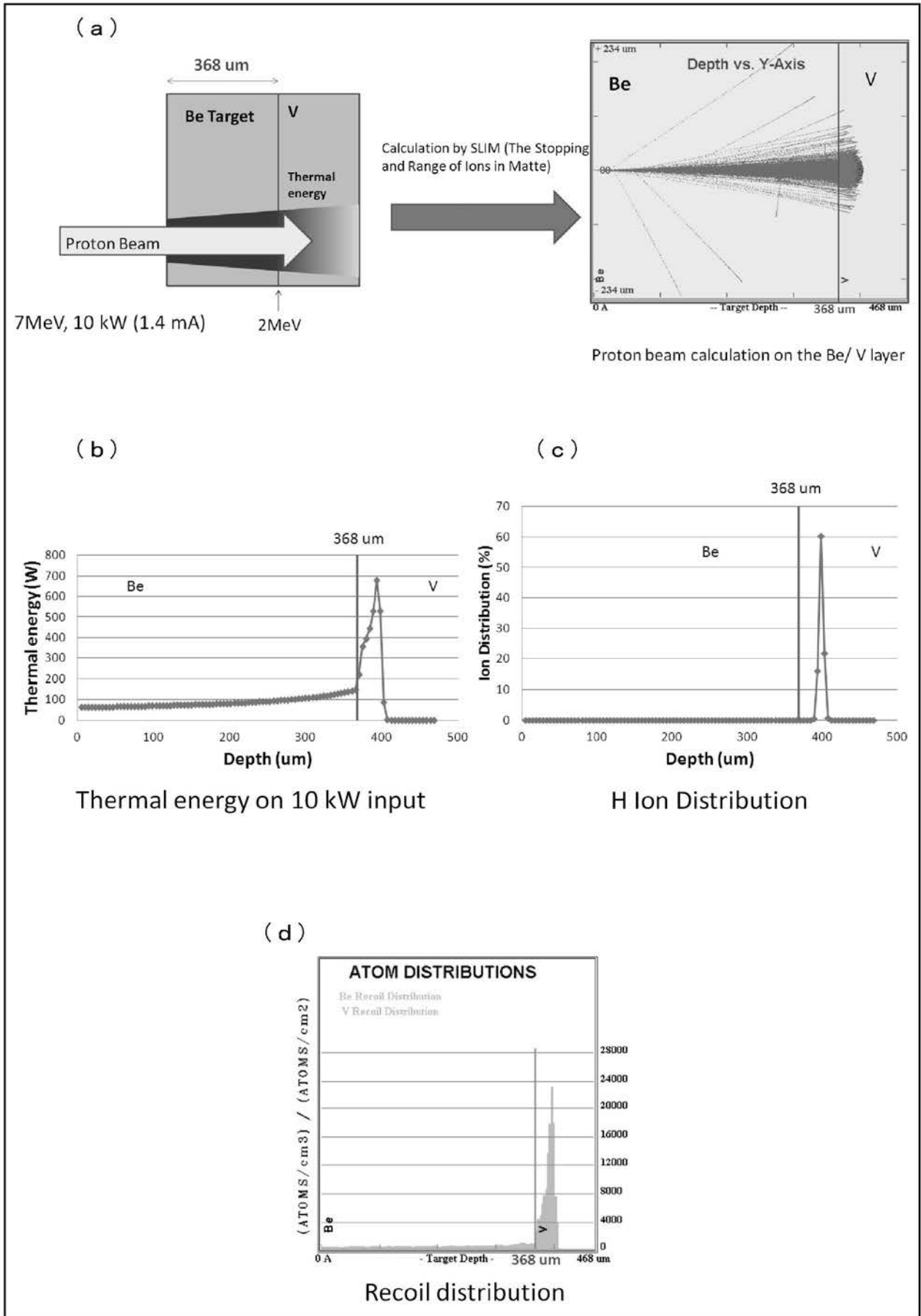
【図2】



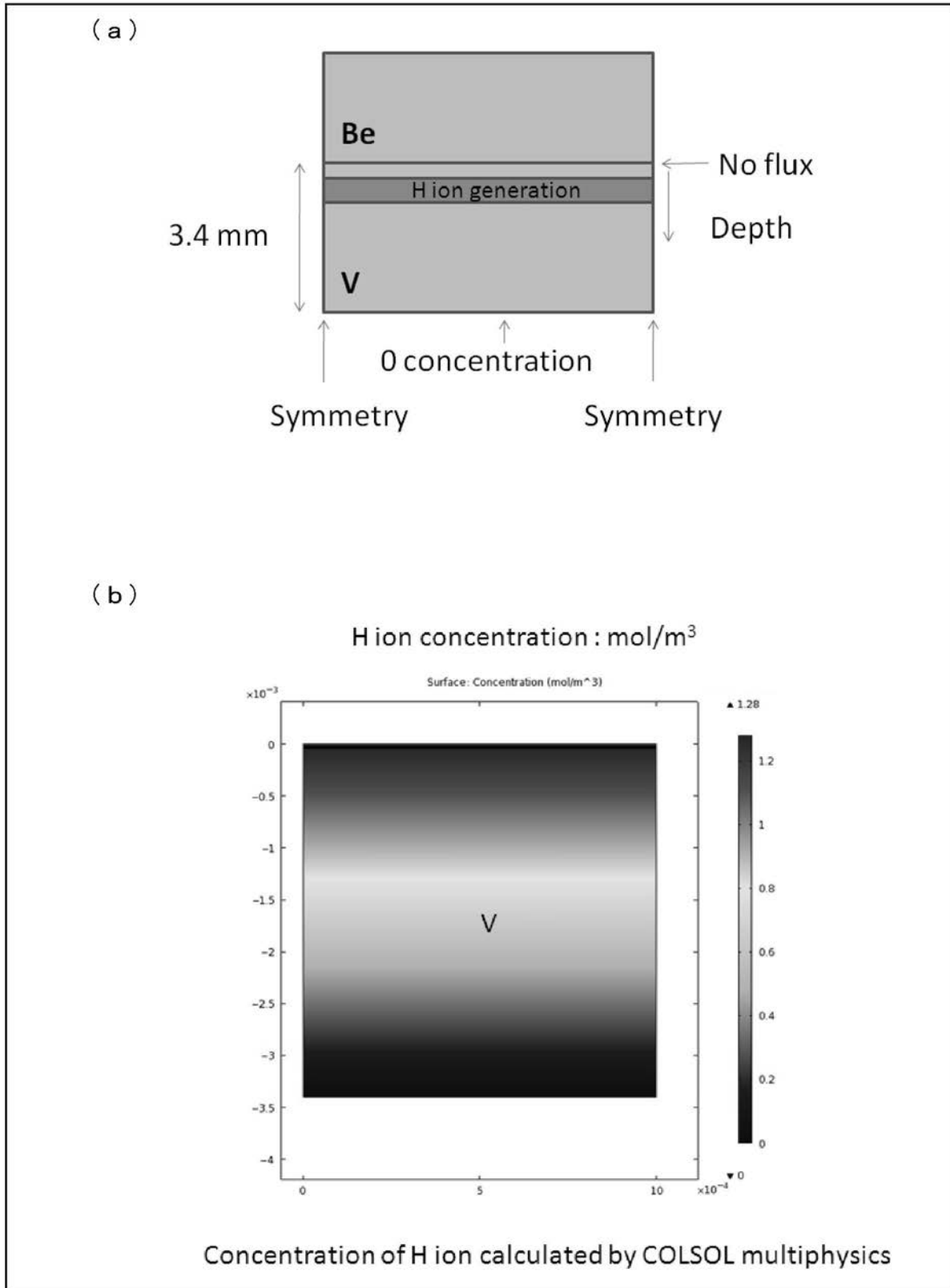
【図3】



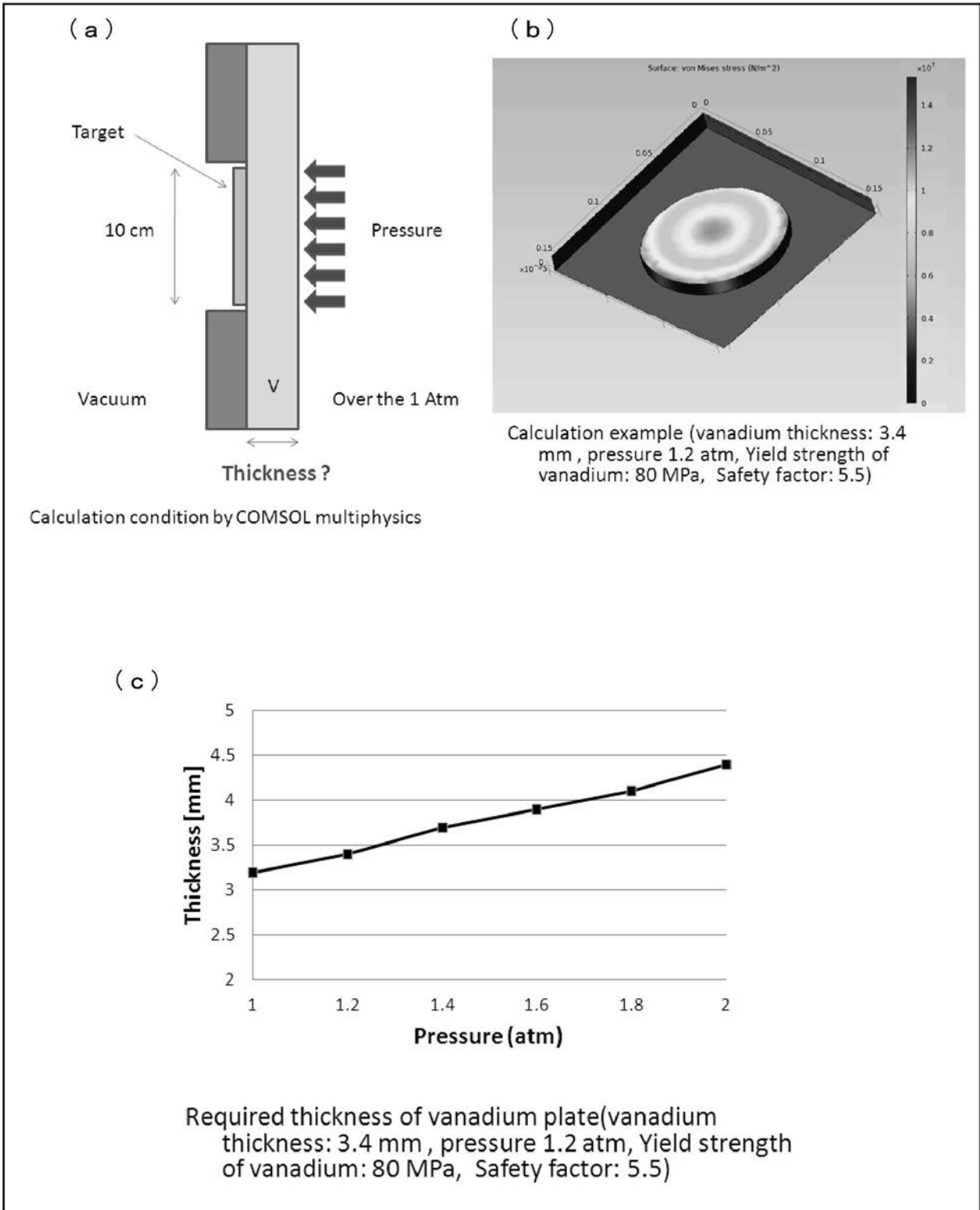
【 図 4 】



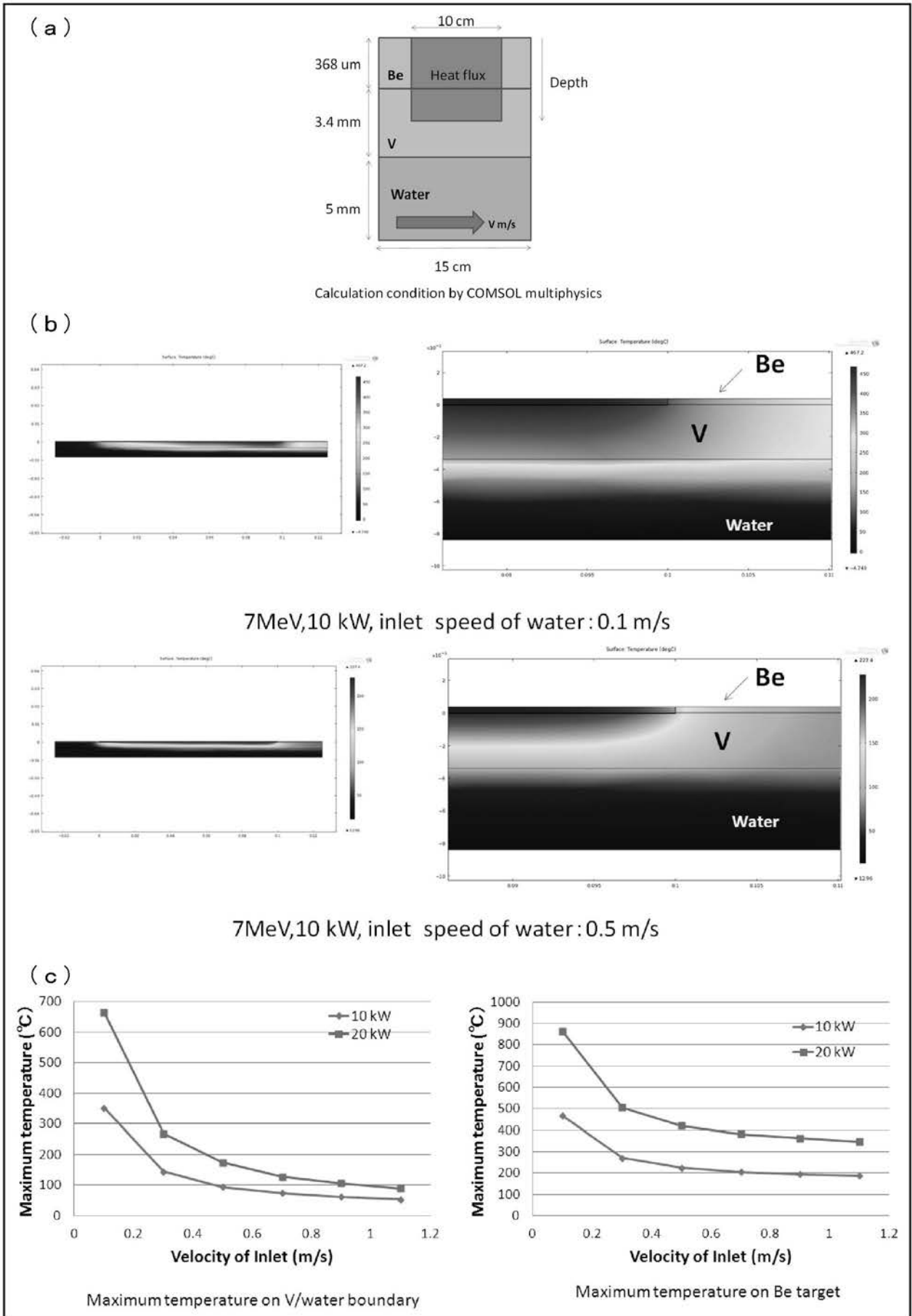
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



【提出日】平成26年1月6日(2014.1.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽子ビームまたは重陽子ビームの照射を受けて中性子線を発生させる中性子発生材料層と、当該中性子発生材料層に接合されている金属層とを備えており、

上記金属層は、60 において 10^{-11} ($\text{m}^2/\text{秒}$) 以上の水素拡散係数を示し、かつ中性子線を受けて生じる放射性核種のうち総放射線量の最も多い放射性核種が12時間以下の半減期を示す金属元素を主成分として含んでおり、

上記中性子発生材料層は、Be、Be化合物、LiおよびLi化合物からなる群から選択される中性子発生材料を含んでいる、中性子発生源。

【請求項2】

上記金属元素は、V、Ni、Tiおよびこれらの任意の組合せの合金からなる群から選択される、請求項1に記載の中性子発生源。

【請求項3】

上記中性子発生材料層の厚さは $50\ \mu\text{m} \sim 1.2\ \text{mm}$ である、請求項1または2に記載の中性子発生源。

【請求項4】

(削除)

【請求項5】

上記中性子発生材料層および上記金属層は、拡散接合またはろう付けによって接合されている請求項1から3のいずれか1項に記載の中性子発生源。

【請求項6】

請求項1から3および5のいずれか1項に記載の中性子発生源を備えている、中性子発生装置。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H05H6/00(2006.01)i, G21K5/02(2006.01)i, G21K5/08(2006.01)i, H05H3/06 (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) H05H6/00, G21K5/02, G21K5/08, H05H3/06		
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 1996-2013 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) JSTPlus (JDreamIII)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 55-53899 A (N.V. Philips Gloeilampenfabrieken), 19 April 1980 (19.04.1980), entire text; all drawings & US 4298804 A & GB 2033651 A & DE 2941096 A & FR 2438953 A & NL 7810299 A	1-3, 6 4-5
Y	JP 2010-223942 A (Japan Atomic Energy Agency), 07 October 2010 (07.10.2010), paragraph [0046] & US 2010/0215137 A1	4-5
Y	JP 2009-47432 A (Kyoto University), 05 March 2009 (05.03.2009), paragraphs [0013] to [0019]; fig. 2 (Family: none)	4-5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> 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	"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
"E"	earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"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
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search 03 June, 2013 (03.06.13)	Date of mailing of the international search report 11 June, 2013 (11.06.13)	
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer	
Facsimile No.	Telephone No.	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/056188

Box No. II	Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 2 of first sheet)
<p>This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:</p> <p>1. <input type="checkbox"/> Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:</p> <p>2. <input type="checkbox"/> 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:</p> <p>3. <input type="checkbox"/> Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).</p>	
Box No. III	Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)
<p>This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows: The invention of claim 1 does not have a special technical feature in the light of the contents disclosed in JP 55-53899 A. Therefore, the invention of claim 1 and the inventions of claims 2-6 do not comply with the requirement of unity of invention.</p> <p>1. <input type="checkbox"/> As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.</p> <p>2. <input checked="" type="checkbox"/> As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.</p> <p>3. <input type="checkbox"/> 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.:</p> <p>4. <input type="checkbox"/> 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.:</p> <p>Remark on Protest</p> <p><input type="checkbox"/> The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.</p> <p><input type="checkbox"/> 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.</p> <p><input type="checkbox"/> No protest accompanied the payment of additional search fees.</p>	

国際調査報告		国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 3 / 0 5 6 1 8 8									
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H05H6/00(2006.01)i, G21K5/02(2006.01)i, G21K5/08(2006.01)i, H05H3/06(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 (IPC)) Int.Cl. H05H6/00, G21K5/02, G21K5/08, H05H3/06											
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>1971-2013年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2013年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2013年</td> </tr> </table>				日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2013年	日本国実用新案登録公報	1996-2013年	日本国登録実用新案公報	1994-2013年
日本国実用新案公報	1922-1996年										
日本国公開実用新案公報	1971-2013年										
日本国実用新案登録公報	1996-2013年										
日本国登録実用新案公報	1994-2013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) JSTPlus(JDreamIII)											
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 55-53899 A (エヌ・ベー・フィリツプス・フルーイランペンファア ブリケン)	1-3, 6									
Y	1980.04.19, 全文および全図 & US 4298804 A & GB 2033651 A & DE 2941096 A & FR 2438953 A & NL 7810299 A	4-5									
Y	JP 2010-223942 A (独立行政法人 日本原子力研究開発機構) 2010.10.07, 第【0046】段落 & US 2010/0215137 A1	4-5									
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> 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		の日の後に公表された文献									
「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		「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									
「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		「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									
「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)		「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									
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		「&」同一パテントファミリー文献									
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願											
国際調査を完了した日 03.06.2013		国際調査報告の発送日 11.06.2013									
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 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) 藤本 加代子	21 4458								
		電話番号 03-3581-1101 内線 3273									

国際調査報告		国際出願番号 PCT/JP2013/056188
C (続き) . 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
Y	JP 2009-47432 A (国立大学法人 京都大学) 2009.03.05, 第【0013】 - 【0019】段落および第2図 (ファミリーなし)	4 - 5

国際調査報告

国際出願番号 PCT/J P 2 0 1 3 / 0 5 6 1 8 8

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の国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、JP 55-53899 A に開示された内容に照らして特別な技術的特徴を有さない。

したがって、請求項1に係る発明と請求項2-6に係る発明とは、発明の単一性の要件を満たさない。

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。

様式PCT/ISA/210 (第1ページの続葉(2)) (2009年7月)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, 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, JP, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

(72)発明者 広田 克也

日本国埼玉県和光市広沢2番1号 独立行政法人理化学研究所内

Fターム(参考) 2G085 BA17 DA03 EA01

(注)この公表は、国際事務局(WIPO)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。