



Patent Translate

Powered by EPO and Google

Notice

This translation is machine-generated. It cannot be guaranteed that it is intelligible, accurate, complete, reliable or fit for specific purposes. Critical decisions, such as commercially relevant or financial decisions, should not be based on machine-translation output.

DESCRIPTION JP2003130997A

[0001]

[Technical Field to Which the Invention Pertains] The present invention relates to a neutron generator used in various fields, such as non-destructive testing of various materials utilizing the high penetrating power of neutrons, and neutron-induced nuclear reactions utilizing the high reactivity with atomic nuclei.

【発明の属する技術分野】 本発明は中性子の高い透過性を利用した各種物質の非破壊検査、原子核との反応性の高さを利用した中性子誘起核反応等種々の分野で使用されている中性子発生装置に係わる。

[0002]

[Conventional Technology] There are currently three types of neutron sources in use: nuclear reactors, accelerators, and neutron-emitting radionuclides.

【従来の技術】 現在使用されている中性子源には原子炉、加速器利用、そして中性子放出核種の3種類がある。

The first type of reactor utilizes neutrons generated by nuclear fission within the reactor, while the second type, accelerator-based reactors, uses a proton beam accelerated by the accelerator to collide with targets such as tungsten and uranium, generating neutrons through the spallation (fragmentation) process of the atomic nucleus. The final neutron-emitting radionuclides utilize neutron radiation emitted from radionuclides such as Cf-252, which release neutrons during their decay process.

第1の原子炉は原子炉内での核分裂によって発生する中性子を利用するものであり、第2の加速器利用は加速器によって加速された陽子線をタングステン、ウラン等のターゲットに衝突させ、原子核のスパレーション（破碎）過程により中性子を発生させるものである。最後の中性子放射核種は崩壊過程で中性子を放出するCf-252等の核種から放射される中性子線を利用するものである。

[0003]

[Problems the invention aims to solve] Conventional neutron sources have the problem that, in the case of nuclear reactors, they are large and have significant limitations in their use.

【発明が解決しようとする課題】 従来の中性子源の課題としては、原子炉の場合は大型であり、利用上の制限が大きい。

Using accelerators requires large-scale accelerators and is not something that can be easily utilized. The third type of neutron-emitting radionuclide is small and easy to handle when used as a mobile source, but it has the disadvantage of limiting its applications due to the relatively small amount of neutron radiation it emits.

加速器利用の場合は大型の加速器が必要であり、簡単に利用できるものではない。第3の中性子放出核種は移動線源として扱う場合は小型で扱いやすいが、放射される中性子線量が比較的小さいため、利用目的が制限される欠点がある。

[0004]

Therefore, the objective of this invention is to provide a neutron generator that has few limitations in use and is easy to handle.

そこで、本発明では利用上の制限が少なく、取り扱いやすい中性子発生装置を提供することを目的とする。

[0005]

[Means for solving the problem] In order to achieve the above objective, the present invention utilizes the non-thermonuclear fusion reaction shown in (Equation 1) below as the neutron generation process.

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するため、本発明では、中性子発生過程として、下記（式１）の非熱核融合反応を利用する。

[0006]

$7\text{Li} + \text{d} \rightarrow 24\text{He} + \text{n}$ (Equation 1) Neutrons are emitted when 7Li is irradiated with a deuterium ion beam.

$7\text{Li} + \text{d} \rightarrow 24\text{He} + \text{n}$ (式1) 7Li 中に重水素イオンビームを照射することにより、中性子が放出される。

[0007]

Equation 1 shows that a non-thermonuclear fusion reaction between one atom of 7Li , an isotope of lithium on the left side, and one atom of deuterium d produces two helium atoms (4He) and a neutron n on the right side.

(式1) は、左辺のリチウムの同位体の一種 ${}^7\text{Li}$ の1原子と重水素 d の1原子の非熱核融合反応により、右辺のヘリウム原子(${}^4\text{He}$)が2原子と中性子 n が生成することを示している。

[0008]

Since this reaction terminates immediately upon stopping irradiation with the deuterium ion beam, neutron generation can be easily controlled. Furthermore, because there is no radiation emission when not in use, it is possible to provide a neutron source that is easy to handle with few restrictions on its use.

この反応は重水素イオンビームの照射の停止で即座に終了するので、容易に中性子発生が制御が可能であり、使用しないときには放射線の放出が無いため、利用上の制限が少なく取り扱い易い中性子源を提供することが可能である。

[0009]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 1 is a nuclear fusion reactor characterized by inducing a non-thermonuclear fusion reaction by irradiating the surface of a liquid lithium or alloy of lithium with a metal that acts as a catalyst for nuclear fusion reactions with a deuterium ion beam, and making the neutrons generated in the process available as a neutron source.

前記目的を達成するため、請求項 1 に対応する発明は、液体状のリチウム、又は核融合反応の触媒作用を持つ金属との合金の表面に重水素イオンビームを照射することにより非熱核融合反応を誘発し、その際に発生する中性子を中性子源として利用可能としたことを特徴とする核融合反応装置である。

[0010]

According to the invention corresponding to claim 1, a non-thermonuclear fusion reaction is

induced by irradiating the surface of liquid lithium or an alloy of lithium and a metal that acts as a catalyst for nuclear fusion reactions with a deuterium ion beam.

請求項 1 に対応する発明によれば、液体状のリチウム、又は核融合反応の触媒作用を持つ金属との合金の表面に重水素イオンビームを照射することにより非熱核融合反応を誘発する。

During this process, neutrons are generated according to (Equation 1), and these are used as a neutron source.

その際に（式 1）に従い中性子が発生するが、これを中性子源として利用する。

[0011]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 2 is a neutron generator according to claim 1, characterized in that the amount of neutron beam generated can be controlled by adjusting the amount of deuterium ion beam irradiated per unit time.

前記目的を達成するため、請求項 2 に対応する発明は、単位時間に照射する重水素イオンビームの量を調節することにより発生する中性子ビームの発生量を制御可能としたことを特徴とする請求項 1 に記載の中性子発生装置である。

[0012]

According to the invention corresponding to claim 2, in the invention corresponding to claim 1, the amount of neutron radiation generated changes according to the irradiation amount of the deuterium ion beam, so the amount of neutron radiation generated can be controlled by adjusting the amount of deuterium ion beam irradiated per unit time.

請求項 2 に対応する発明によれば、請求項 1 に対応する発明において、照射する重水素イオンビームの照射量に従い発生する中性子線量が変化することになるため、単位時間に照射する重水素イオンビームの量を調節することにより発生する中性子ビームの発生量を制御できるようにするものである。

[0013]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 3 is a neutron generator according to claim 1, characterized in that the emission distribution of neutrons generated can be controlled by adjusting the spatial density distribution of the irradiated deuterium ion beam.

前記目的を達成するため、請求項 3 に対応する発明は、照射する重水素イオンビームの空間的な密度分布を調節することにより発生する中性子の放射分布等を制御可能としたことを特徴とする請求項 1 に記載の中性子発生装置である。

[0014]

According to the invention corresponding to claim 3, in the configuration of the invention corresponding to claim 1, the distribution of the generated neutron dose also changes according to the spatial distribution of the irradiation dose of the deuterium ion beam. Therefore, the distribution of the generated neutron beam can be controlled by controlling the distribution of the irradiated deuterium ion beam as needed.

請求項 3 に対応する発明によれば、請求項 1 に対応する発明の構成において、照射する重水素イオンビームの照射量の空間分布に従い発生する中性子線量の分布も変化することになるため、照射する重水素イオンビームの分布を必要に応じて制御することにより発生する中性子ビームの発生量分布を制御できるようにするものである。

[0015]

[Embodiments of the Invention] An embodiment of the neutron generator according to the present invention will be described below with reference to the drawings.

【発明の実施の形態】 以下に本発明に係る中性子発生装置の実施の形態を図に基づき説明する。

[0016]

Figure 1 is a conceptual diagram of a neutron generator according to the first embodiment of the present invention.

図 1 は本発明の第 1 実施形態の中性子発生装置の概念図である。

In Figure 1, the neutron generator contains liquid lithium 1, electrodes 2, deuterium gas 6, etc., inside a reaction vessel 4, and consists of a power supply 5 connected between the electrodes 2 and the liquid lithium 1, and a switch 12 for turning the power supply 5 on and off.

図 1 において、中性子発生装置は反応容器 4 内に、液体リチウム 1、電極 2、重水素ガス 6 等を収容しており、電極 2 と液体リチウム 1 の間に接続された電源 5 と、電源 5 のオンオフを行うスイッチ 12 から構成される。

In the diagram, arrow 7 indicates the flow of deuterium ions, and arrow 3 indicates the flow of generated neutrons.

図中で 7 の矢印は重水素イオンの流れを示しており、矢印 3 は発生した中性子の流れを示している。

[0017]

Next, the operation of the first embodiment will be described.

次に、第 1 実施形態の作用について説明する。

[0018]

In Figure 1, a voltage is generated by a power supply 5 connected between the liquid lithium 1 in the reaction vessel 4 and the electrode 2 positioned above it. By closing the switch 12, a voltage is applied between the liquid lithium 1 and the electrode 2, causing a discharge to occur in the deuterium gas 6 sealed inside the reaction vessel 4.

図 1 において、反応容器 4 内の液体リチウム 1 と、その上方に配置した電極 2 の間に接続した電源 5 により発生した電圧をスイッチ 1 2 を閉じることで液体リチウム 1 と電極 2 の間に電圧を印加し、反応容器 4 内に封入した重水素ガス 6 中で放電を発生させる。

Upon discharge, some or most of the deuterium gas 6 is ionized to form deuterium ions.

放電により重水素ガス 6 の一部又はほとんどが電離し重水素イオンとなる。

Deuterium ions are accelerated by the electric field between electrode 2 and liquid lithium 1, forming a stream of deuterium ions 7.

重水素イオンは電極 2 と液体リチウム 1 の間の電界により加速されて、重水素イオンの流れ 7 を形成する。

The stream of deuterium ions 7 reaches the surface of liquid lithium 1, inducing the non-thermonuclear fusion reaction (Equation 1).

重水素イオンの流れ 7 は液体リチウム 1 の表面に達して、（式 1）の非熱核融合反応が誘起される。

The neutrons n generated by this reaction are emitted upward, forming a stream of generated neutrons 3.

この反応により発生する中性子 n は上方に放出され、発生中性子の流れ 3 を形成する。

If switch 12 is opened at this time, the discharge stops and the flow of deuterium ions 7 disappears, so the flow of generated neutrons 3 also disappears, making it easy to control the generation of neutrons.

このときスイッチ 1 2 を開けば放電は停止し重水素イオンの流れ 7 は消失するので発生中性子の流れ 3 も消失し、中性子の発生を容易に制御可能となる。

[0019]

Figure 2 is a conceptual diagram of a neutron generator according to a second embodiment of the present invention.

図 2 は本発明の第 2 実施形態の中性子発生装置の概念図である。

In Figure 2, the neutron generator contains liquid lithium 1, electrodes 2, deuterium gas 6, etc., within a reaction vessel 4, and is connected between the electrodes 2 and the liquid lithium 1, and consists of a variable power supply 8 that can freely change the voltage or current.

図 2 において、中性子発生装置は反応容器 4 内に、液体リチウム 1、電極 2、重水素ガス 6 等を収容しており、電極 2 と液体リチウム 1 の間に接続され、電圧又は電流を自由に変更可能な可変型電源 8 から構成される。

In the diagram, arrow 7 indicates the flow of deuterium ions, and arrow 3 indicates the flow of generated neutrons.

図中で 7 の矢印は重水素イオンの流れを示しており、矢印 3 は発生した中性子の流れを示している。

[0020]

Next, the operation of the second embodiment of the present invention will be described.

次に、本発明の第 2 実施形態の作用について説明する。

[0021]

In Figure 2, a variable power supply 8 connected between the liquid lithium 1 in the reaction vessel 4 and the electrode 2 positioned above it applies a voltage between the liquid lithium 1 and the electrode 2, generating a discharge in the deuterium gas 6 sealed inside the reaction vessel 4. As a result of the discharge, some or most of the deuterium gas 6 is ionized into deuterium ions.

図 2 において、反応容器 4 内の液体リチウム 1 と、その上方に配置した電極 2 の間に接続した可変型電源 8 により、液体リチウム 1 と電極 2 の間に電圧を印加し、反応容器 4 内に封入した重水素ガス 6 中で放電を発生させることにより、放電により重水素ガス 6 の一部又はほとんどが電離し重水素イオンとなる。

[0022]

Deuterium ions are accelerated by the electric field between electrode 2 and liquid lithium 1, forming a stream of deuterium ions 7.

重水素イオンは電極 2 と液体リチウム 1 の間の電界により加速されて、重水素イオンの流れ 7 を形成する。

The stream of deuterium ions 7 reaches the surface of liquid lithium 1, inducing the non-thermonuclear fusion reaction (Equation 1).

重水素イオンの流れ 7 は液体リチウム 1 の表面に達して、（式 1）の非熱核融合反応が誘起される。

[0023]

The neutrons n generated by this reaction are emitted upward, forming a stream of generated neutrons 3.

この反応により発生する中性子 n は上方に放出され、発生中性子の流れ 3 を形成する。

At this time, changing the voltage or current of the variable voltage or current power supply 8

changes the discharge current, which allows adjustment of the amount of deuterium ions flowing 7 onto the surface of the liquid lithium 1.

このとき電圧又は電流可変型電源 8 の電圧又は電流を変更すると放電電流が変化し、液体リチウム 1 の表面への重水素イオンの流れ 7 の量を調節することが出来る。

[0024]

As can be seen from (Equation 1), one atom of ${}^7\text{Li}$ undergoes a non-thermonuclear fusion reaction with one deuterium atom, producing two helium atoms (${}^4\text{He}$) and a neutron n . This shows that the amount of neutron flow 3, i.e., the amount of neutron generation, can be controlled in proportion to the flow of deuterium ions.

(式 1) から分かるように重水素 1 個に対して ${}^7\text{Li}$ の 1 原子が非熱核融合反応し、ヘリウム原子 (${}^4\text{He}$) が 2 原子と中性子 n が生成するので、重水素イオンの流れに比例して中性子の流れ 3 の量、すなわち中性子発生量を制御できることを示している。

[0025]

Therefore, according to the second embodiment of the present invention, it is possible to obtain an optimal neutron generation amount depending on the purpose, and to provide a neutron source that has fewer restrictions on use and is easy to handle.

従って、本発明の第2実施形態によれば、目的に応じて最適な中性子発生量を得ることが出来、利用上の制限が少なく、取り扱いやすい中性子線源を提供することができる。

[0026]

Figure 3 is a conceptual diagram of a neutron generator according to a third embodiment of the present invention.

図 3 は本発明の第 3 実施形態の中性子発生装置の概念図である。

In Figure 3, the neutron generator contains liquid lithium 1, electrodes 2, deuterium gas 6, etc., in a reaction vessel 4. It consists of a power supply 5 connected between the electrodes 2 and the liquid lithium 1, a deuterium gas cylinder 11 connected to a deuterium gas supply port 10 provided in a part of the reaction vessel 4 to supply deuterium gas, and a deuterium gas pressure regulating valve 9 connected between the deuterium gas supply port 10 and the deuterium gas cylinder 11 to regulate the pressure of the deuterium gas inside the reaction vessel 4.

図 3 において、中性子発生装置は反応容器 4 内に、液体リチウム 1、電極 2、重水素ガス 6 等を収容しており、電極 2 と液体リチウム 1 の間に接続された電源 5 と、反応容器 4 の一部に設けた重水素ガス供給口 10 に接続され、重水素ガスを供給する重水素ガスボンベ 11 と、重水素ガス供給口 10 と重水素ガスボンベ 11 の間に接続されて反応容器 4 内の重水素ガスの圧力を調節する重水素ガス圧力調整用バルブ 9 から構成される。

In the diagram, arrow 7 indicates the flow of deuterium ions, and arrow 3 indicates the flow of generated neutrons.

図中で 7 の矢印は重水素イオンの流れを示しており、矢印 3 は発生した中性子の流れを示している。

[0027]

Next, the operation of the third embodiment will be described.

次に、第 3 実施形態の作用について説明する。

[0028]

In Figure 3, a voltage is applied between the liquid lithium 1 in the reaction vessel 4 and the electrode 2 positioned above it by a power supply 8, generating a discharge in the deuterium

gas 6 sealed inside the reaction vessel 4. As a result of the discharge, some or most of the deuterium gas 6 is ionized into deuterium ions.

図3において、反応容器4内の液体リチウム1と、その上方に配置した電極2の間に接続した電源8により、液体リチウム1と電極2の間に電圧を印加し、反応容器4内に封入した重水素ガス6中で放電を発生させることにより、放電により重水素ガス6の一部又はほとんどが電離し重水素イオンとなる。

Deuterium ions are accelerated by the electric field between electrode 2 and liquid lithium 1, forming a stream of deuterium ions 7.

重水素イオンは電極2と液体リチウム1の間の電界により加速されて、重水素イオンの流れ7を形成する。

The stream of deuterium ions 7 reaches the surface of liquid lithium 1, inducing the non-thermonuclear fusion reaction (Equation 1).

重水素イオンの流れ7は液体リチウム1の表面に達して、(式1)の非熱核融合反応が誘起される。

[0029]

The neutrons n generated by this reaction are emitted upward, forming a stream of generated neutrons 3.

この反応により発生する中性子 n は上方に放出され、発生中性子の流れ 3 を形成する。

At this time, adjusting the deuterium gas pressure control valve changes the deuterium gas pressure inside the reaction vessel 4.

このとき重水素ガス圧力調節バルブを調節すると、反応容器 4 内の重水素ガス圧力が変わる。

[0030]

When the deuterium gas pressure in the reaction vessel 4 changes, the discharge state between electrode 2 and liquid lithium 1 changes, the density (amount) of deuterium ions produced changes, the amount of deuterium ion flow 7 formed between electrode 2 and liquid lithium 1 changes, and as the deuterium gas pressure changes, the collision frequency between deuterium gases in the deuterium ion flow changes, so the discharge state of the kinetic energy of the deuterium ions changes.

反応容器 4 内の重水素ガス圧力が変わると、電極 2 と液体リチウム 1 の間の放電状態が変化し、生成される重水素イオンの密度（量）が変化し、電極 2 と液体リチウム 1 の間に形成される重水素イオンの流れ 7 の量が変わるとともに、重水素ガス圧力の変化に伴い重水素イオンの流れの中での重水素ガス同士の衝突頻度が変化するので、重水素イオンの運動エネルギーの放電状態が変化する。

These effects alter the amount of reaction (Equation 1) occurring between deuterium ions and lithium atoms that reach the surface of liquid lithium 1, thereby allowing control over the amount of neutrons generated.

これらの影響で、液体リチウム 1 の表面に達した重水素イオンとリチウム原子の反応である（式 1）の反応の発生量が増減し、中性子発生量を制御できる。

[0031]

Figure 4 is a conceptual diagram of a neutron generator according to the fourth embodiment of the present invention.

図 4 は本発明の第 4 実施形態の中性子発生装置の概念図である。

In Figure 4, the neutron generator consists of a reaction vessel 4 containing liquid lithium 1, a movable electrode 13, deuterium gas 6, etc., and a power supply 5 connected between the movable electrode 13 and the liquid lithium 1.

図 4 において、中性子発生装置は反応容器 4 内に、液体リチウム 1、可動電極 13、重水素ガス 6 等を収容しており、可動電極 13 と液体リチウム 1 の間に接続された電源 5 から構成される。

In the diagram, arrow 7 indicates the flow of deuterium ions, and arrow 3 indicates the flow of generated neutrons.

図中で 7 の矢印は重水素イオンの流れを示しており、矢印 3 は発生した中性子の流れを示している。

[0032]

Next, the operation of the fourth embodiment of the present invention will be described.

次に、本発明の第 4 実施形態の作用について説明する。

[0033]

In Figure 4, a voltage is applied between the liquid lithium 1 in the reaction vessel 4 and the movable electrode 13 positioned above it by a power supply 8, generating a discharge in the

deuterium gas 6 sealed inside the reaction vessel 4. As a result of the discharge, some or most of the deuterium gas 6 is ionized into deuterium ions.

図 4 において、反応容器 4 内の液体リチウム 1 と、その上方に配置した可動電極 1 3 の間に接続した電源 8 により、液体リチウム 1 と可動電極 1 3 の間に電圧を印加し、反応容器 4 内に封入した重水素ガス 6 中で放電を発生させることにより、放電により重水素ガス 6 の一部又はほとんどが電離し重水素イオンとなる。

Deuterium ions are accelerated by the electric field between the movable electrode 2 and the liquid lithium 1, forming a stream of deuterium ions 7.

重水素イオンは可動電極 2 と液体リチウム 1 の間の電界により加速されて、重水素イオンの流れ 7 を形成する。

The stream of deuterium ions 7 reaches the surface of liquid lithium 1, inducing the non-thermonuclear fusion reaction (Equation 1).

重水素イオンの流れ 7 は液体リチウム 1 の表面に達して、（式 1）の非熱核融合反応が誘起される。

[0034]

The neutrons n generated by this reaction are emitted upward, forming a stream of generated neutrons 3.

この反応により発生する中性子 n は上方に放出され、発生中性子の流れ 3 を形成する。

When the movable electrode is moved, the electric field between the movable electrode 13 and the liquid lithium 1 changes, and the distribution of the deuterium ion flow 7 changes.

このとき可動電極を動かすと可動電極 1 3 と液体リチウム 1 の間の電界が変化し、重水素イオンの流れ 7 の分布が変化する。

When the distribution of the deuterium ion flow 7 changes, the distribution of deuterium ions reaching the surface of liquid lithium 1 changes. As a result, the distribution of the reaction (Equation 1), which is the reaction between deuterium ions and lithium atoms that reach the

surface of liquid lithium 1, changes, and consequently, the distribution of neutron generation changes.

重水素イオンの流れ 7 の分布が変化すると液体リチウム 1 の表面に達する重水素イオンの分布が変化することになるため、液体リチウム 1 の表面に達した重水素イオンとリチウム原子の反応である（式 1）の反応の発生量の分布が変化し、それにより中性子発生量の分布が変わることになる。

According to a fourth embodiment of the present invention, this property can be used to control the distribution of neutron flow.

本発明の第 4 実施形態によればこの性質を利用して中性子の流れの分布をも制御できる。

[0035]

Therefore, according to the fourth embodiment of the present invention, it is possible to obtain an optimal distribution of neutron generation amount depending on the purpose, and to provide a neutron source that has fewer restrictions on use and is easy to handle.

従って、本発明の第 4 実施形態により、目的に応じて最適な中性子発生量の分布を得ることが出来、利用上の制限が少なく、取り扱いやすい中性子線源を提供することができる。

[0036]

Figure 5 is a conceptual diagram of a neutron generator according to a fifth embodiment of the present invention.

図 5 は本発明の第 5 実施形態の中性子発生装置の概念図である。

In Figure 5, the neutron generator contains liquid lithium 1, a lithium scattering prevention film 14, electrodes 2, deuterium gas 6, etc., inside a reaction vessel 4, and consists of a power supply 5 connected between the electrodes 2 and the liquid lithium 1, and a switch 12 for turning the power supply 5 on and off.

図5において、中性子発生装置は反応容器4内に、液体リチウム1、リチウム飛散防止膜14、電極2、重水素ガス6等を収容しており、電極2と液体リチウム1の間に接続された電源5と、電源5のオンオフを行うスイッチ12から構成される。

In the diagram, arrow 7 indicates the flow of deuterium ions, and arrow 3 indicates the flow of generated neutrons.

図中で7の矢印は重水素イオンの流れを示しており、矢印3は発生した中性子の流れを示している。

[0037]

Next, the operation of the fifth embodiment will be described.

次に、第5実施形態の作用について説明する。

[0038]

In Figure 5, the voltage generated by the power supply 5 connected between the liquid lithium 1 in the reaction vessel 4 and the electrode 2 positioned above it is applied between the liquid lithium 1 and the electrode 2 by closing the switch 12, thereby generating a discharge in the deuterium gas 6 sealed inside the reaction vessel 4.

図5において、反応容器4内の液体リチウム1と、その上方に配置した電極2の間に接続した電源5により発生した電圧をスイッチ12を閉じることで液体リチウム1と電極2の間に電圧を印加し、反応容器4内に封入した重水素ガス6中で放電を発生させる。

Upon discharge, some or most of the deuterium gas 6 is ionized to form deuterium ions.

放電により重水素ガス6の一部又はほとんどが電離し重水素イオンとなる。

Deuterium ions are accelerated by the electric field between electrode 2 and liquid lithium 1, forming a stream of deuterium ions 7.

重水素イオンは電極 2 と液体リチウム 1 の間の電界により加速されて、重水素イオンの流れ 7 を形成する。

[0039]

In the fifth embodiment, a lithium scattering prevention film 14 is placed on the upper surface of the liquid lithium.

第 5 実施形態においては液体リチウムの上面にリチウム飛散防止膜 14 が配置されている。

This lithium scattering prevention film 14 is made of a film that allows deuterium ions and neutrons to pass through but does not allow liquid lithium 1 to pass through.

このリチウム飛散防止膜 14 は重水素イオンや中性子を透過し、液体リチウム 1 を透過しないような膜で構成する。

Therefore, the flow of deuterium ions 7 permeates the lithium scattering prevention film 14 and reaches the surface of the liquid lithium 1, inducing the non-thermonuclear fusion reaction (Equation 1).

従って重水素イオンの流れ 7 はリチウム飛散防止膜 14 を透過し、液体リチウム 1 の表面に達して、（式 1）の非熱核融合反応が誘起される。

[0040]

As a result of this reaction, neutrons n generated near the surface of liquid lithium 1 pass through the lithium scattering prevention film and are emitted upward, forming a stream of generated neutrons 3.

この反応により液体リチウム 1 の表面近くで発生した中性子 n はリチウム飛散防止膜を透過し上方に放出され、発生中性子の流れ 3 を形成する。

In the neutron generator of the embodiment shown in Figure 1, even in cases where the temperature of the liquid lithium rises due to the energy generated by the non-thermonuclear fusion reaction of formula (1), causing the liquid lithium to scatter due to phenomena such as partial boiling and evaporation, making stable neutron generation difficult, in the fifth embodiment, the presence of a lithium scattering prevention film 14 on the upper surface of the liquid lithium 1 prevents the scattering of lithium, making it possible to generate neutrons stably.

図1の実施形態の中性子発生装置においては、式（1）の非熱核融合反応により発生したエネルギーによって液体リチウムの温度が上昇し、部分的な沸騰、蒸発等の現象により液体リチウムが飛散し、安定的な中性子発生が困難となるような場合でも、第5実施形態においては、液体リチウム1の上面にリチウム飛散防止膜14が存在することによりリチウムの飛散を防止し、安定的に中性子の発生を行うことが可能となる。

[0041]

Figure 6 shows an example of a specific configuration of the neutron generator of the present invention as described above.

図 6 は以上述べた本発明の中性子発生装置の具体的構成の一例を示す図である。

In Figure 6, the molten lithium nuclear fusion energy generator contains liquid lithium 29, a cathode 22 impregnated with liquid lithium 29, hydrogen gas, etc., in a reaction vessel 27 that can be evacuated under vacuum. Since the cathode 22 and the liquid lithium 29 are in contact at the bottom of the reaction vessel 27, the liquid lithium seeps into the cathode by capillary action.

図 6 において、溶融リチウム核融合エネルギー発生装置は真空排気可能な反応容器 27 内に、液体リチウム 29、液体リチウム 29 を含浸させた陰極 22、水素ガス等を収容しており、陰極 22 と液体リチウム 29 が反応容器 27 の底で接触しているため毛細管現象で陰極内に液体リチウムがしみ込む。

[0042]

By performing a pulse discharge using a pulse power supply 24 connected between the cathode 22 and the anode 21, and hydrogen gas supplied by a hydrogen injection device 25 located at the top of the reaction vessel 27, a buffer region nuclear fusion reaction occurs, and energy can be easily extracted by the heat exchange system 30 and the heat utilization system 31.

陰極 2 2 と陽極 2 1 の間に接続されたパルス電源装置 2 4 と、反応容器 2 7 の上部に設けた水素注入装置 2 5 により供給された水素ガスによりパルス放電を行えば、バッファ領域核融合反応が生じ、熱交換システム 3 0 および熱利用システム 3 1 により容易にエネルギーを取り出せる。

At this time, the state of lithium is monitored by the lithium measurement and purification supply system 35, enabling stable long-term operation.

この時、リチウムの状態は、リチウム計測純化供給系 3 5 によりモニターされ安定な長時間運転を行える。

[0043]

Furthermore, helium and other materials generated as a result of the nuclear fusion reaction are removed from the system by the He recovery device 26.

また、核融合反応の結果発生するヘリウム等は、He回収装置26で系外に排除される。

This procedure is performed when the discharge length needs to be increased during hydrogen discharge, and involves placing the anode 21 above the reaction vessel 27.

水素放電状況において、放電長を長くしなければならないときに実施するもので、陽極21を反応容器27上方に配置するものである。

[0044]

Other components include a neutron emission window 27a, an insulating ring 23, a heat insulating material or neutron shielding material 28, a heat exchange system 30, a heat utilization system 31, a neutron collimator 32, and a lithium measurement and purification supply system 35.

これ以外の構成として、中性子出射窓 27 a、絶縁リング 23、断熱材又は中性子遮蔽材 28、熱交換システム 30、熱利用システム 31、中性子コリメータ 32、リチウム計測純化供給系 35を備えている。

[0045]

Now, let's explain the uses of neutron beams.

ここで、中性子線の用途について説明する。

Neutron beams have excellent penetration properties for metals, but poor penetration properties for light elements such as hydrogen and carbon.

中性子線は、金属に対する透過性が優れているが、軽元素である水素や炭素等の透過性が悪い。

Therefore, it can be applied to inspecting what is packed inside an object that is encased in metal.

そこで、金属で囲まれている物体の内部に詰まっているものの検査に応用できる。

Examples include inspecting for defects in the filling of explosives inside rockets, and inspecting carry-on baggage at airports for explosives or other bombs.

例えば、ロケット内部の火薬の充填欠陥検査や、空港における手荷物内の火薬等爆弾所持検査等である。

[0046]

Furthermore, irradiating depleted uranium with these neutrons can produce plutonium, which can be used as nuclear fuel, through nuclear transmutation.

また、この中性子を劣化ウランに照射すれば、核変換作用により原子燃料として利用可能な、プルトニウムを生産できる。

[0047]

Furthermore, by irradiating long-lived radionuclides, which continue to emit radiation for extended periods, among the spent nuclear fuel used in nuclear reactors, it is possible to convert them into stable radionuclides that decay quickly and do not emit radiation.

さらに、原子炉で利用した使用済み核燃料のうち、長時間にわたって放射線を出し続ける長寿命核種に照射すれば、短時間で崩壊し、放射線を出さないで安定核種に変換することもできる。

[0048]

[Effects of the Invention] As described above, the present invention provides a neutron generator that can efficiently generate neutrons, easily control the generation and stopping of neutrons and the amount generated, and is easy to handle with few restrictions on use.

【発明の効果】 以上説明したように、本発明によれば、中性子を効率的に発生させ、中性子の発生・停止、その発生量を容易に制御でき、利用上の制限が少なく取り扱い易い中性子発生装置を提供することができる。

[0049]

Brief explanation of the drawing

図面の簡単な説明

[0050]

Figure 1 shows an example of the configuration of a neutron generator according to the first embodiment of the present invention.

図 1 本発明の第 1 実施形態の中性子発生装置の構成例を示す図。

[0051]

Figure 2 shows an example of the configuration of a neutron generator according to a second embodiment of the present invention.

図 2 本発明の第 2 実施形態の中性子発生装置の構成例を示す図。

[0052]

Figure 3 shows an example of the configuration of a neutron generator according to a third embodiment of the present invention.

図 3 本発明の第 3 実施形態の中性子発生装置の構成例を示す図。

[0053]

Figure 4 shows an example of the configuration of a neutron generator according to the fourth embodiment of the present invention.

図 4 本発明の第 4 実施形態の中性子発生装置の構成例を示す図。

[0054]

Figure 5 shows an example of the configuration of a neutron generator according to a fifth embodiment of the present invention.

図 5 本発明の第 5 実施形態の中性子発生装置の構成例を示す図。

[0055]

Figure 6 shows a diagram illustrating the specific configuration of the neutron generator of the present invention.

図 6 本発明の中性子発生装置の具体的構成を示す図。

[0056]

Explanation of the symbols

符号の説明

[0057]

1...Liquid lithium 2...Electrode 2...Movable electrode 3...Neutron flow 4...Reaction vessel 5...
Power supply 6...Deuterium gas 7...Deuterium ion flow 8...Variable power supply 9...
Deuterium gas pressure adjustment valve 10...Deuterium gas supply port 11...Deuterium gas
cylinder 12...Switch 13...Movable electrode 14...Lithium scattering prevention film 21...Anode
22...Cathode 23...Insulating ring 24...Pulse power supply device 25...Hydrogen injection device
26...Recovery device 27...Reaction vessel 27a...Neutron emission window 28...Neutron
shielding material 29...Liquid lithium 30...Heat exchange system 31...Heat utilization system
32...Neutron collimator 35...Lithium measurement, purification, and supply system

1…液体リチウム 2…電極 2…可動電極 3…中性子の流れ 4…反応容器 5…電源 6…重水素ガス
7…重水素イオンの流れ 8…可変型電源 9…重水素ガス圧力調整用バルブ 10…重水素ガス供給口
11…重水素ガスボンベ 12…スイッチ 13…可動電極 14…リチウム飛散防止膜 21…陽極
22…陰極 23…絶縁リング 24…パルス電源装置 25…水素注入装置 26…回収装置 27…反応
容器 27a…中性子出射窓 28…中性子遮蔽材 29…液体リチウム 30…熱交換システム 31…熱
利用システム 32…中性子コリメータ 35…リチウム計測純化供給系