



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 JP2003130977A

[0001]

[Technical Field to Which the Invention Pertains] The present invention relates to a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction and a molten lithium nuclear fusion energy generation apparatus, which are obtained by a nuclear fusion reaction using liquid metallic lithium as nuclear fuel and catalytic solvent.

【発明の属する技術分野】 本発明は、液体金属リチウムを核燃料及び触媒溶剤として行う核融合反応により、得られる溶融リチウム核融合反応生成方法及び溶融リチウム核融合エネルギー発生装置に関する。

[0002]

[Conventional Technology] From the past to the present, a high-density ion-electron plasma sufficient for practical use in nuclear fusion reactions has yet to be realized.

【従来の技術】 従来から今日まで核融合反応の実用に十分な高密度のイオン・電子プラズマは未だ実現していない。

For these reasons, the applicant has invented "a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction and a nuclear fusion energy supply device" in Japanese Patent Application No. 2001-00156, "a nuclear fusion power generation method and a nuclear fusion power generation device" in Japanese Patent Application No. 2001-177670, and "a non-thermonuclear fusion power generation method and a non-thermonuclear fusion power generation device" in Japanese Patent Application No. 2001-216026. These prior art inventions demonstrate that the aforementioned high-density ion-electron plasma can be achieved by existing means, and examples of energy supply device configurations utilizing this are presented.

このようなことから、本出願人は、特願２００１－００１５６において「溶融リチウム核融合反応発生方法及び核融合エネルギー供給装置」を、特願２００１－１７７６７０において「核融合発電方法および核融合発電装置」を、特願２００１－２１６０２６において「非熱核融合発電方法および非熱核融合発電装置」を発明した。これらの先願発明では、既存の手段によって、前記の高密度のイオン・電子プラズマの達成が可能であり、これを利用したエネルギー供給装置の構成例が紹介されている。

[0003]

[Problems to be Solved by the Invention] In each of the prior art inventions, the following problems can be considered when it comes to actually putting them into practical use.

【発明が解決しようとする課題】該各先願発明では、実際に実用化するうえで、以下に述べるような課題が考えられる。

In other words, in each of the aforementioned prior inventions, the injected hydrogen ion energy must be in the buffer energy region of 1 keV to 25 keV, which is below 100 keV and known as the Lindhardt region. Therefore, it is necessary to either make the discharge voltage extremely high or to dilute the hydrogen gas to an extremely low level.

すなわち、該各先願発明では、注入水素イオンエネルギーがリントハルト領域と呼ばれる 100 keV 以下で 1 keV ~ 25 keV の緩衝（バッファ）エネルギー領域である必要がある。そのため、放電電圧を非常に高くするか、水素ガスを極めて薄くする必要がある。

[0004]

However, in such conditions, the discharge may become unstable, making it impossible to achieve a uniform discharge.

ところが、このような状態では、放電が不安定になり、均一な放電が出来なくなることが考えられる。

As a result, the discharge becomes unstable and uneven, causing some lithium to scatter into the discharge gas, which can lead to short circuits between electrodes and frequent malfunctions. This not only prevents stable operation but also causes localized heating, potentially leading to holes in the container or, in the worst case, an explosion.

この結果、放電が不安定になり、不均一であると、リチウムの一部が放電ガス中に飛び散ったり、その影響で電極間がショートしトラブルの発生が頻繁におこり、安定な運転が出来なくなるばかりでなく、局所的な加熱が生じるため、容器に穴が開いたり、最悪の場合爆発することも考えられる。

[0005]

Therefore, the present invention aims to provide a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction and a molten lithium nuclear fusion energy generator that are easy to handle, can stabilize the discharge, prevent the scattering of lithium, and supply stable and safe energy.

そこで、本発明では放電を安定にし、しかもリチウムの飛散を防止し安定で安全なエネルギーを供給できる、取り扱いやすい、熔融リチウム核融合反応生成方法及び熔融リチウム核融合エネルギー発生装置を提供することを目的とする。

[0006]

[Means for Solving the Problems] In order to achieve the above objective, the present invention is configured as follows for each claim, and each invention utilizes the buffer energy fusion reaction shown below (Equation 1, Equation 2) as the energy generation process.

【課題を解決するための手段】本発明は、前記目的を達成するため、各請求項に対応する発明は、以下のように構成したものであるが、各発明は、いずれもエネルギー発生過程として、下記（式1、式2）の緩衝エネルギー（バッファエネルギー）核融合反応を利用する。

[0007]

$6\text{Li} + 1\text{H} \rightarrow 3\text{He} + 4\text{He} + 4.0\text{MeV}$ (Equation 1) $7\text{Li} + 1\text{H} \rightarrow 24\text{He} + 17.3\text{MeV}$ (Equation 2) Here, the reaction energy on the right side of the equation is released as the kinetic energy of the product nuclei.

$6\text{Li} + 1\text{H} \rightarrow 3\text{He} + 4\text{He} + 4.0\text{MeV}$ (式1) $7\text{Li} + 1\text{H} \rightarrow 2\text{He} + 17.3\text{MeV}$ (式2) ここで、式の右辺の反応エネルギーは生成核の運動エネルギーとして放出される。

MeV stands for megaelectronvolt.

MeVは、メガ電子ボルトである。

[0008]

Equation (2) shows that two helium atoms (4He) are produced on the right side through a nuclear fusion reaction between one atom of 7Li , an isotope of lithium on the left side, and one atom of hydrogen (H).

(式2) は、左辺のリチウムの同位体の一種 ${}^7\text{Li}$ の1原子と水素Hの1原子の核融合反応により、右辺のヘリウム原子 (${}^4\text{He}$) が2原子生成されることを示している。

[0009]

Since this reaction terminates immediately upon stopping the irradiation of hydrogen ions, energy generation can be easily controlled. Furthermore, because there is no energy release when not in use, it is possible to provide an easy-to-handle energy source with few limitations on its use.

この反応は水素イオンの照射の停止で即座に終了するので、容易にエネルギー発生が可能であり、使用しないときにはエネルギーの放出が無いため、利用上の制限が少なく取り扱い易いエネルギー源を提供することが可能である。

[0010]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 1 is a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction, characterized in that hydrogen ions accelerated by a pulsed gas discharge plasma are injected into the surface of an electrode composed of molten lithium or a substance mixed with a salt or metal that melts therein to generate a high-density liquid ion-electron plasma, and the Coulomb barriers between atoms are destroyed by this high-density liquid ion-electron plasma, while the condensation force acting on the atomic nuclei in the molten lithium brings the atomic nuclei closer to the reaction distance, thereby inducing a nuclear fusion reaction.

前記目的を達成するため、請求項1に対応する発明は、溶融リチウムまたはそれに溶融する塩または金属を混入させた物質で構成される電極表面に、パルス状ガス放電プラズマで加速した水素イオンを注入して、高密度の液体イオン・電子プラズマを生成し、これら高密度の液体イオン・電子プラズマによって原子間のクーロン障壁を滅殺するとともに、前記溶融リチウム内の原子核に働く凝縮力によって原子核同士を反応距離に近接させて核融合反応を誘発させることを特徴とする溶融リチウム核融合反応生成方法である。

[0011]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 2 is a molten lithium nuclear fusion energy generating device comprising: a reaction vessel into which hydrogen gas is injected to generate hydrogen ions; an anode disposed in the reaction vessel and a cathode located in the reaction vessel at a predetermined distance from the anode and composed of molten lithium or a substance mixed with a salt or metal that melts therein; and a pulse power supply device that applies a pulsed voltage between the anode and the cathode to generate a liquid ion-electron plasma in the reaction vessel, wherein the liquid ion-electron plasma destroys the Coulomb barrier between atoms and the condensation force acting on the atomic nuclei in the molten lithium brings the atomic nuclei closer together to the reaction distance to induce a nuclear fusion reaction.

前記目的を達成するため、請求項２に対応する発明は、水素ガスを注入して水素イオンを生成する反応容器と、前記反応容器内に配設される陽極及び該陽極と該反応容器内であって所定間隔を存し、かつ熔融リチウムまたはそれに熔融する塩または金属を混入させた物質で構成された陰極と、前記陽極及び前記陰極間にパルス状の電圧を印加し、前記反応容器内に液体イオン・電子プラズマを生成するパルス電源装置と、を備え、前記液体イオン・電子プラズマによって原子間のクーロン

障壁を滅殺するとともに、前記溶融リチウム内の原子核に働く凝縮力によって原子核同志を反応距離に近接させて核融合反応を誘発させることを特徴とする溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0012]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 3 is a molten lithium nuclear fusion energy generating device comprising: a reaction vessel for injecting hydrogen gas to generate hydrogen ions; an anode disposed in the reaction vessel and a cathode made of porous metal impregnated with liquid lithium, which is positioned vertically within the reaction vessel at a predetermined distance from the anode; and a pulse power supply device for applying a pulsed voltage between the anode and the cathode to generate a liquid ion-electron plasma in the reaction vessel, wherein the liquid ion-electron plasma destroys the Coulomb barrier between atoms and the condensation force acting on the atomic nuclei in the molten lithium brings the atomic nuclei closer together to the reaction distance to induce a nuclear fusion reaction.

前記目的を達成するため、請求項 3 に対応する発明は、水素ガスを注入して水素イオンを生成する反応容器と、前記反応容器内に配設される陽極及び該陽極と該反応容器内であって所定間隔を存して縦置きし、かつ液体リチウムを含浸させた多孔質金属からなる陰極と、前記陽極及び前記陰極間にパルス状の電圧を印加し、前記反応容器内に液体イオン・電子プラズマを生成するパルス電源装置と、を備え、前記液体イオン・電子プラズマによって原子間のクーロン障壁を滅殺するとともに、前記溶融リチウム内の原子核に働く凝縮力によって原子核同志を反応距離に近接させて核融合反応を誘発させることを特徴とする溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0013]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 4 is a molten lithium nuclear fusion energy generating device comprising: a reaction vessel into which hydrogen gas is injected to generate hydrogen ions; an anode disposed in the reaction vessel and a cathode located in the reaction vessel at a predetermined distance from the anode, which is made of overlapping metal and metal mesh and impregnated with liquid lithium in the metal mesh; and a pulse power supply device that applies a pulsed voltage between the anode and the cathode to generate a liquid ion-electron plasma in the reaction vessel, wherein the liquid ion-electron plasma destroys the Coulomb barrier between atoms and the condensation force

acting on the atomic nuclei in the molten lithium brings the atomic nuclei closer together to the reaction distance to induce a nuclear fusion reaction.

前記目的を達成するため、請求項 4 に対応する発明は、水素ガスを注入して水素イオンを生成する反応容器と、前記反応容器内に配設される陽極及び該陽極と該反応容器内であって所定間隔を存し、金属と金属メッシュを重ねたものでかつ該金属メッシュ中に液体リチウムを含浸させた陰極と、前記陽極及び前記陰極間にパルス状の電圧を印加し、前記反応容器内に液体イオン・電子プラズマを生成するパルス電源装置と、を備え、前記液体イオン・電子プラズマによって原子間のクーロン障壁を滅殺するとともに、前記溶融リチウム内の原子核に働く凝縮力によって原子核同志を反応距離に近接させて核融合反応を誘発させることを特徴とする溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0014]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 5 is a molten lithium nuclear fusion energy generator according to any one of claims 2 to 4, characterized in that cooling means are provided on the outer periphery of the anode and the cathode.

前記目的を達成するため、請求項 5 に対応する発明は、前記陽極及び前記陰極の外周側に冷却手段を設けたことを特徴とする請求項 2 ～ 4 の何れか一つに記載の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0015]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 6 is a molten lithium nuclear fusion energy generator according to any one of claims 2 to 4, characterized in that cooling means are provided on the outer periphery of the anode and the cathode, and heat utilization means are provided that utilize the heat generated by the cooling means.

前記目的を達成するため、請求項 6 に対応する発明は、前記陽極及び前記陰極の外周側に冷却手段を設け、該冷却手段により発生した熱を利用する熱利用手段を設けたことを特徴とする請求項 2 ～ 4 の何れか一つに記載の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0016]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 7 is a molten lithium nuclear fusion energy generating device according to any one of claims 2 to 4, characterized in that an insulating material is provided on the outer periphery of the anode and the cathode.

前記目的を達成するため、請求項 7 に対応する発明は、前記陽極及び前記陰極の外周側に断熱材を設けたことを特徴とする請求項 2 ～ 4 の何れか一つに記載の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0017]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 8 is a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction according to claim 1, characterized in that when the pulsed electric field strength applied by the pulse power supply device is V (V/cm),

the discharge gas pressure is p (Torr), and the electrode spacing is d (cm), the following conditions are met: $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ and $10^3 \text{ Torr} \cdot \text{cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr} \cdot \text{cm}$.

前記目的を達成するため、請求項8に対応する発明は、前記パルス電源装置により印加されるパルス状の電界強度を V (V/cm)、放電ガス圧力を p (Torr)、電極間隔を d (cm) としたとき、 $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ 、かつ
 $10^{-3} \text{ Torr} \cdot \text{cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr} \cdot \text{cm}$ をみたすことを特徴とする請求項1記載の溶融リチウム核融合反応生成方法である。

[0018]

According to the invention corresponding to claim 1 or 2, a non-thermonuclear fusion reaction is induced by pulsed irradiation of hydrogen ions onto the surface of a liquid lithium or alloy of lithium with a metal that acts as a catalyst for nuclear fusion reactions.

請求項1又は2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水素イオンをパルス照射することにより非熱核融合反応を誘発する。

During this process, energy is generated according to (Equations 1 and 2), and this is used as an energy source.

その際に（式 1、2）に従いエネルギーが発生するが、これをエネルギー源として利用する。

Here, a controlled, pulsed high voltage is applied, causing a pulsed discharge that accelerates hydrogen ions to an energy of 100 keV or less, particularly 1 to 25 keV, in a region called the buffer zone.

ここで、制御されたパルス状の高電圧を印加し、パルス放電させることにより、水素イオンを緩衝領域と呼ばれる、エネルギー 100 keV 以下で、特に 1～25 keV のエネルギーに加速させる。

Here, rapid heating occurs in the lithium solution during the nuclear fusion reaction, but this instability can be controlled by stopping the application of high voltage before the liquid lithium becomes unstable.

ここで、核融合反応で急激な加熱が、リチウム溶液中で発生するが、液体リチウムが不安定になる前に高電圧印加を止めれば、この不安定現象は制御可能となる。

Control methods include, for example, increasing or decreasing the high-voltage application width or changing the pulse application repetition frequency.

制御方法としては、例えば、高電圧印加幅を増減させたり、パルス印加繰り返し周波数を変化させることによる。

[0019]

According to the invention corresponding to claim 3, in order to improve the instability of liquid lithium due to localized heating, lithium is impregnated into a porous metal as the cathode, and the scattering of liquid lithium can be prevented by the condensation force of the liquid metal and the thermal conductivity of the porous metal, and vertical placement is also possible.

請求項 3 に対応する発明によれば、液体リチウムの局部発熱による不安定性を改善するため、陰極として多孔質金属にリチウムを含浸させ、液体金属の凝縮力と、多孔質金属の熱伝導により液体リチウムの飛散を防止できしかも縦置きを可能に出来る。

[0020]

According to the invention corresponding to claim 4, in order to improve the instability of liquid lithium due to localized heating, a metal and a metal mesh are layered as the cathode, and liquid lithium is impregnated into the metal mesh to prevent the scattering of liquid lithium, and it is also possible to place the device vertically.

請求項 4 に対応する発明によれば、液体リチウムの局部発熱による不安定性を改善するため、陰極として金属と金属メッシュを重ねて、金属メッシュ中に液体リチウムを含浸させ液体リチウムの飛散を防止できしかも縦置きを可能に出来る。

[0021]

According to the invention corresponding to claim 5, cooling means are provided on the outer periphery of the anode and cathode, thereby eliminating instability due to thermal runaway.

請求項5に対応する発明によれば、陽極及び陰極の外周側に冷却手段を設け、熱暴走による不安定性をなくすることを特徴とする。

[0022]

In the invention corresponding to claim 6, cooling means are provided on the outer periphery of the anode and cathode, and means are provided to utilize the heat generated by these cooling means, thereby enabling more effective utilization of thermal energy.

請求項 6 に対応する発明では、陽極及び陰極の外周側に冷却手段を設け、この冷却手段により発生した熱を利用する手段を設けたので、更に熱エネルギーを有効利用できる。

[0023]

According to the invention corresponding to claim 7, since insulating material is provided on the outer periphery of the anode and cathode, thermal efficiency can be further improved.

請求項 7 に対応する発明によれば、陽極及び陰極の外周側に断熱材を設けたので、更に熱効率を向上させることができる。

[0024]

The invention corresponding to claim 8 is the invention corresponding to claim 1, wherein in

order to stabilize the discharge, the power supply is controlled such that $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ and $10^3 \text{ Torr cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr cm}$, where $V \text{ (V/cm)}$ is the pulsed electric field strength, $p \text{ (Torr)}$ is the discharge gas pressure, and $d \text{ (cm)}$ is the electrode spacing.

請求項 8 に対応する発明は、請求項 1 に対応する発明において、放電を安定させるため、パルス状に印加する電界強度を $V \text{ (V/cm)}$ 、放電ガス圧力を $p \text{ (Torr)}$ 、電極間隔を $d \text{ (cm)}$ としたとき、 $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ 、かつ $10^3 \text{ Torr cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr cm}$ をみたすよう電源を制御する。

This enables uniform discharge, completely eliminating problems such as lithium scattering into the discharge gas or short circuits between electrodes, resulting in stable and safe operation.

これにより、均一な放電が可能となり、リチウムの一部が放電ガス中に飛び散ったり、その影響で電極間がショートするようなトラブルは皆無となり、安定で安全な運転が可能となる。

[0025]

To achieve the above objective, the invention corresponding to claim 9 is a molten lithium nuclear fusion energy generating device according to any one of claims 1 to 7, characterized by having a thermoelectric power generation system comprising a high heat source loop consisting of a pump and piping that extracts and circulates the heat generated by the nuclear fusion reaction using a coolant, a low heat source loop consisting of piping, a circulation pump and a cooler, and a thermoelectric converter that inserts a thermoelectric material between the high-temperature heat source and the low-temperature heat source and connects to an external load to extract power.

前記目的を達成するため、請求項9に対応する発明は、前記核融合反応によって発生する熱を冷却材により取出し循環するポンプ及び配管よりなる高熱源ループと、配管、循環ポンプ及び冷却器よりなる低熱源ループと、当該高温熱源と低温熱源の間に熱電物質をはさみ外部負荷に接続して電力を取り出す熱電変換器より構成される熱電発電システムを有することを特徴とする請求項1～7のいずれか一つに記載の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置である。

[0026]

[Embodiments of the Invention] Embodiments of the molten lithium nuclear fusion energy generation device according to the present invention will be described below with reference to the figures.

【発明の実施の形態】 以下に本発明に係る溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の実施の形態を図に基づき説明する。

Figure 1 is a conceptual diagram of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to the first embodiment of the present invention.

図1は本発明の第1の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概念図である。

In Figure 1, a reaction vessel 7 capable of vacuum evacuation houses a cathode 2 impregnated with liquid lithium 9, hydrogen gas introduced from a hydrogen injection device 5, and an anode 1 to which a pulsed high voltage can be applied from a pulse power supply device 4.

図 1 において、真空排気が可能な反応容器 7 内に、液体リチウム 9 を含浸させた陰極 2、水素注入装置 5 より導入された水素ガス、パルス電源装置 4 よりパルス状高電圧を印加できる陽極 1 等を収容している。

[0027]

Furthermore, the reaction vessel 7 is provided with an insulating ring 3 to enable the application of a high voltage.

また、反応容器 7 には高電圧印加を可能とするための絶縁リング 3 が設けられている。

Furthermore, the reaction vessel 7 is equipped with a He recovery device 6 for recovering helium generated by the nuclear fusion reaction, a heat exchange system 10 for recovering the heat generated around the cathode, and a heat utilization system 11 for using this heat for power generation and other purposes.

さらに反応容器 7 には核融合反応により発生したヘリウムを回収する H e 回収装置 6 と、発生した陰極周辺の熱を回収する熱交換システム 1 0 と、この熱を発電等に利用する熱利用システム 1 1 が設けられている。

[0028]

Furthermore, the liquid lithium 9 to be impregnated into the cathode 2 can be replenished by a lithium replenishment system (not shown) installed outside the reaction vessel 7.

なお、陰極 2 に含浸させる液体リチウム 9 は、反応容器 7 の外部に設置されたリチウム補給システム（図示せず）により、補給できるようになっている。

[0029]

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

次に、第 1 の実施形態の作用について説明する。

[0030]

In Figure 1, a pulsed high voltage generated by a pulse power supply device 5 connected between the liquid lithium 9 impregnated in the cathode 2 inside the reaction vessel 7 and the anode 1 positioned above it is applied between the cathode 2 containing the liquid lithium 9 and the anode 1, causing a discharge in the hydrogen gas sealed inside the reaction vessel 7.

図 1 において、反応容器 7 内の陰極 2 に含浸された液体リチウム 9 と、その上方に配置した陽極 1 の間に接続したパルス電源装置 5 により発生したパルス状高電圧を液体リチウム 9 を含んだ陰極 2 と陽極 1 の間にパルス高電圧を印加し、反応容器 7 内に封入した水素ガス中で放電を発生させる。

Due to the discharge, some or most of the hydrogen gas is ionized into hydrogen ions.

放電により水素ガスの一部又はほとんどが電離し水素イオンとなる。

[0031]

Hydrogen ions are accelerated by a pulsed electric field between anode 1 and cathode 2 impregnated with liquid lithium 9, forming a flow of hydrogen ions.

水素イオンは陽極 1 と液体リチウム 9 を含浸した陰極 2 の間のパルス電界により加速されて、水素イオンの流れを形成する。

The flow of hydrogen ions reaches the surface of liquid lithium 9, and a buffer energy fusion reaction occurs as shown in (Equations 1 and 2).

水素イオンの流れは液体リチウム 9 の表面に達して、（式 1、式 2）の緩衝エネルギー（バッファエネルギー）核融合反応が発生する。

The energy generated at this time is transported to the heat exchange system 10 by thermal conduction of the porous metal and liquid lithium that make up the cathode 2, and is finally converted into energy such as electricity in the heat utilization system 11.

このとき発生するエネルギーは陰極 2 を構成する多孔質金属や液体リチウムの熱伝導等により、熱交換システム 10 に運ばれ、最終的に熱利用システム 11 で電気等のエネルギーに変換される。

[0032]

At this time, by changing the voltage, pulse width, and number of high-voltage application repetitions of the pulse power supply 4, the pulse discharge current can be changed, and the amount of hydrogen ions flowing to the surface of the liquid lithium 9 can be adjusted.

このときパルス電源装置 4 の電圧、パルス幅、高電圧印加繰り返し数を変更することにより、パルス放電電流が変化し、液体リチウム 9 の表面への水素イオンの流れの量を調節することが出来る。

[0033]

As can be seen from (Equations 1 and 2), one hydrogen atom undergoes a buffer energy fusion reaction with one Li atom, producing either 3He and 4He helium atoms (with an energy output of 4.0 MeV) or two 4He helium atoms (with an energy output of 17.3 MeV). This demonstrates that the amount of energy can be controlled according to the flow of hydrogen ions.

（式 1、式 2）から分かるように水素 1 個に対して Li の 1 原子が緩衝エネルギー核融合反応し、ヘリウム原子 3He 、 4He （この時のエネルギー発生量は 4.0 MeV ）または 4He が 2 原子生成する（この時のエネルギー発生量は 17.3 MeV ）ので、水素イオンの流れに応じてエネルギー量を制御できることを示している。

[0034]

Now, let's consider matters related to discharge conditions.

ここで、放電条件に関する事項を検討する。

When a strong electric field exists in a hydrogen gas environment, the very small number of electrons originally present in the gas are accelerated, and as they repeatedly collide with and ionize hydrogen molecules, their number rapidly increases, resulting in a discharge.

水素気体空間に、強い電界が存在すると、もともと気体にあったごく僅かの電子が加速され、水素分子と衝突電離を繰り返すうち急速に数が増大し、放電が生ずる。

In this case, if the discharge initiation voltage is V_s volts, the gas pressure is p torr, and the electrode distance is d cm, then for the same type of gas, V_s is a function of pd only.

このとき、放電開始電圧を V_s ボルトとし、ガス圧力を p torr、電極間隔を d cm とすると、同一種のガスでは、 V_s は pd のみの関数となる。

When the electrode spacing d is kept constant and the gas pressure p is lowered, V_s gradually decreases, but after reaching a certain minimum value, it rises again.

電極間隔 d を一定にしてガス圧力 p を下げると、 V_s はだんだん減少するが、ある最小値をへて再び上昇する。

[0035]

This is because lowering p increases the mean free path of electrons, leading to greater acceleration by the electric field and more active collisional ionization. However, once the mean free path reaches a certain point, the number of electron collisions between electrodes decreases, making collisional ionization less active, and V_s rises again.

これは、 p を下げると、電子の平均自由行程が長くなり、電界による加速が大きく衝突電離が盛んになるためであるが、あるところまで平均自由行程が長くなると、逆に電極間で電子の衝突回数が減るので、衝突電離が不活発となり、 V_s は再び上昇する。

[0036]

In the case of pulsed discharge, if we select the region where $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ and $10^3 \text{ Torr cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr cm}$, we can obtain an ion energy of approximately 1 to 10 keV.

ここで、パルス放電の場合、 $0.01 \text{ kV/cm} \leq V \leq 1000 \text{ kV/cm}$ 、かつ
 $10^{-3} \text{ Torr cm} \leq pd \leq 10^4 \text{ Torr cm}$ の領域を選択すると、イオンエネルギーとして、 $1 \sim 10 \text{ keV}$ 程度が得られるようになる。

Hydrogen ions are accelerated by the electric field between anode 1 and cathode 2 containing liquid lithium 9, forming a flow of hydrogen ions.

水素イオンは陽極1と液体リチウム9を含む陰極2の間の電界により加速されて、水素イオンの流れを形成する。

The flow of hydrogen ions reaches the surface of cathode 2 containing liquid lithium 9, and a buffer energy fusion reaction occurs as shown in equations 1 and 2.

水素イオンの流れは液体リチウム 9 を含む陰極 2 の表面に達して、（式 1、2）の緩衝エネルギー（バッファエネルギー）核融合反応が発生する。

The energy generated at this time rapidly heats the liquid lithium, but due to the heat transfer effect of the porous metal and other materials constituting the cathode, it is rapidly transferred to the heat exchange system 10.

このとき発生するエネルギーは、液体リチウムを急速に加熱するが、陰極を構成する多孔質金属等の伝熱効果により、急速に熱交換システム 10 に移行する。

[0037]

The transferred energy is used to generate electricity or for district heating, etc., by the thermal energy utilization system 11.

移行したエネルギーは、熱エネルギー利用システム 11 によって、発電されたり、地域暖房等に有効利用される。

At this time, in order to improve thermal efficiency, it is also possible to cover the reaction vessel 7 around the heat-generating cathode 2 with insulating material to enhance thermal efficiency.

この時、熱効率向上のため、発熱する陰極 2 周辺の反応容器 7 を断熱材で覆い、熱効率を高めることも可能である。

By controlling the pulse power supply 4 at this time, it is possible to temporarily stop the discharge and eliminate the flow of hydrogen ions, thereby safely and easily controlling the generated energy.

このときパルス電源 4 を制御することにより、放電を一時的に停止し水素イオンの流れを消失させることも可能で発生エネルギーを安全に容易に制御できる。

[0038]

Therefore, according to the first embodiment of the present invention, it is possible to obtain an optimal amount of energy generated according to the purpose, and to provide energy that is easy to handle with few restrictions on use.

従って、本発明の第 1 の実施形態によれば、目的に応じて最適なエネルギー発生量を得ることが出来、利用上の制限が少なく、取り扱いやすいエネルギーを提供することができる。

[0039]

Figure 2 is a conceptual diagram illustrating cathode 2 in Figure 1, where Figure 2(a) is its plan view and Figure 2(b) is its longitudinal cross-sectional view.

図2は図1の陰極2を説明するための概念図であり、図2（a）はその平面図であり、図2（b）はその縦断面図である。

The cathode 2 is constructed by layering a porous plate 13 with excellent thermal conductivity and a wire mesh 14 in a sandwich-like manner.

陰極2は、熱伝導性の優れた多孔板13と、金網14をサンドイッチ状に積層したものである。

As mentioned above, if the porous portion of the porous plate 13 is filled with liquid lithium, even if localized heat generation occurs, the porous plate 13 will dissipate the heat through its thermal conductivity.

前述のように多孔板13の多孔部に液体リチウムを満たしておけば、局所的な発熱が生じて、多孔板13が熱伝導効果で熱を拡散する。

Furthermore, the wire mesh 14 interacts with the condensation force of the liquid lithium, preventing the liquid lithium from scattering.

さらに金網 14 が、液体リチウムの凝縮力と相互作用を及ぼし、液体リチウムの飛散を防止する。

The perforated plate 13 can also be expected to provide structural reinforcement to the wire mesh 14.

多孔板 13 は、金網 14 の強度的な補強効果も期待できる。

[0040]

Figure 3 is a conceptual diagram of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to a second embodiment of the present invention.

図3は、本発明の第2の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概念図である。

The apparatus consists of a bottomed cylindrical reaction vessel 7 and an insulating plate 3A that can close the opening of the reaction vessel 7. The apparatus container, which can be evacuated under vacuum, houses an anode 1, a cathode 2, liquid lithium 9, hydrogen gas, etc.

有底筒状の反応容器7と、この反応容器7の開口部を閉塞可能な絶縁板3Aとからなり、真空排気可能な装置容器内に、陽極1と、陰極2と、液体リチウム9と、水素ガス等が収納されている。

The cathode 2 is cylindrical and is arranged on the inner circumferential surface of the reaction vessel 7, while the anode 1 is columnar and is housed within the apparatus container, with one end of the anode 1 being fixed through the insulating plate 3A.

陰極2は、筒状であって、反応容器7の内周面に配設され、また陽極1は柱状であって装置容器内に収納配置され、かつ陽極1の一端部は絶縁板3Aに貫通固定されている。

Liquid lithium 9 from a lithium replenishment system (not shown) is supplied to the bottom of the device container, and the liquid lithium 9 is in contact with the lower end of the cathode 2.

装置容器内の底面部には、図示しないリチウム補給システムからの液体ヘリウム 9 が供給され、液体ヘリウム 9 は陰極 2 の下端部に接触するようになっている。

[0041]

A heat exchange system 10 is installed on the outer surface of the reaction vessel 7, and the entire outer surface of the reaction vessel 7, including the heat exchange system 10, is covered with an insulating material 8.

反応容器 7 の外周面には、熱交換システム 10 が配設され、この熱交換システム 10 を含む反応容器 7 の外周面全体は、断熱材 8 に覆われている。

The heat obtained in the heat exchange system 10 is configured to be supplied to the heat utilization system 11.

熱交換システム 10 で得られる熱は熱利用システム 11 に供給できるように構成されている。

A pulse power supply unit 4 is electrically connected between cathode 2 and anode 1.

そして、陰極 2 と陽極 1 の間には、パルス電源装置 4 が電氣的に接続されている。

A hydrogen injection device 5, located outside the device container, is installed inside the device container so as to penetrate the insulating plate 3A and communicate with it, allowing hydrogen to be injected into the container.

装置容器内部には、水素が注入されるように装置容器外部設置の水素注入装置 5 が絶縁板 3 A を貫通して連通するように配設されている。

Inside the device container, a He recovery device 6, which is installed outside the device container, is arranged to communicate with the device container by penetrating the insulating plate 3A, so that He inside the device container can be recovered.

装置容器内部には、装置容器内部の H e が回収できるように装置容器外部設置の H e 回収装置 6 が絶縁板 3 A を貫通して連通するように配設されている。

The device container is equipped with a lithium measurement and purification system 15 so that the state of lithium inside the device container can be monitored.

装置容器には、装置容器内のリチウムの状態をモニターできるようにリチウム計測純化系 15 が配設されている。

[0042]

In this second embodiment, the cathode 2 and the liquid lithium 9 are in contact at the bottom of the reaction vessel 7, so the liquid lithium seeps into the cathode 2 by capillary action.

このように構成されている第 2 の実施形態において、陰極 2 と液体リチウム 9 が反応容器 7 の底で接触しているため毛細管現象で陰極 2 内に液体リチウムがしみ込む。

A pulse power supply unit 4 is connected between the cathode 2 and the anode 1. By

performing a pulse discharge using hydrogen gas supplied by the hydrogen injection device 5, a buffer energy nuclear fusion reaction occurs, and energy can be easily extracted by the heat exchange system 10 and the heat utilization system 11.

陰極 2 と陽極 1 の間にパルス電源装置 4 が接続されており、水素注入装置 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、緩衝エネルギー核融合反応が生じ、熱交換システム 10 および熱利用システム 11 により容易にエネルギーを取り出せる。

At this time, the state of the liquid lithium 9 is monitored by the lithium measurement and purification system 15, enabling stable long-term operation.

この時、液体リチウム 9 の状態は、リチウム計測純化系 15 によりモニターされ安定な長時間運転を行える。

Furthermore, helium and other materials generated as a result of the nuclear fusion reaction are removed from the system by the He recovery device 6.

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 6 で系外に排除される。

[0043]

According to this second embodiment, the cathode 2 is arranged in a cylindrical shape, increasing the reaction area, and the heat exchange system 10 is arranged around the outer circumference of the reaction vessel 7, thereby improving efficiency.

この第2の実施形態によれば、陰極2を円筒状に配置し、反応面積を増大しさらに熱交換システム10を反応容器7の外周に配設したので、効率の向上を図ることが可能である。

Furthermore, by providing the lithium measurement and purification system 15, impurities contained in lithium can be removed, and the temperature of lithium can be measured, thereby facilitating the nuclear fusion reaction.

さらに、リチウム計測純化系15を設けたので、リチウム中に含まれる不純物を取り除き、リチウムの温度等を計測する事により核融合反応を円滑に行うことができる。

Furthermore, in the second embodiment, the device can be placed vertically.

また、第 2 の実施形態では、装置の縦置きが可能となる。

[0044]

Figure 4 is a conceptual diagram of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to a third embodiment of the present invention.

図 4 は、本発明の第 3 の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概念図である。

The differences from the embodiment shown in Figure 3 are the general structure of the apparatus container, the configuration of the anode 1, and their arrangement.

図 3 の実施形態と異なる点は、概略装置容器と、陽極 1 の構成と、これらの配置構成である。

The apparatus container consists of two bottomed cylindrical reaction vessels 7, 7 and an insulating ring 3 interposed between them and integrally connected to each of the reaction vessels 7, 7.

装置容器は、2つの有底筒状の反応容器7，7と、この間に介在され反応容器7，7とそれぞれ一体的に連結された絶縁リング3とで構成されている。

A cylindrical cathode 2 is positioned and fixed on the inner circumferential surface of the lower reaction vessel 7, and a cylindrical anode 1 is positioned and fixed on the inner circumferential surface of the upper reaction vessel 7. A heat exchange system 10 is installed on the outer surface of the lower reaction vessel 7. Aside from the points mentioned above, the configuration is the same as that shown in Figure 3.

反応容器7のうちの下側の反応容器7の内周面には、筒状の陰極2が配置固定され、上側の反応容器7の内周面には、筒状の陽極1が配置固定されている。下側の反応容器7の外周面には、熱交換システム10が配設されている。以上述べた点以外の構成は、図3と同一である。

[0045]

According to this third embodiment, in addition to the effects of the second embodiment, a cylindrical anode 1 and a cylindrical cathode 2 are arranged in the axial direction of the inner circumferential surface of the device container. This is effective in lengthening the discharge length in hydrogen discharge conditions and also has the advantage of allowing for a longer insulating ring 3, as it enables the application of a high voltage.

この第3の実施形態によれば、第2の実施形態の効果以外に、装置容器内周面の軸線方向に筒状の陽極1と、筒状の陰極2が配設されているので、水素放電状況において、放電長を長くする場合に有効であり、また高電圧印加を可能とするため、絶縁リング3を長く取れる利点がある。

As a result, it is possible to obtain the optimal amount of energy generated according to the purpose, and to provide a safe, stable energy source that is easy to handle with fewer restrictions on its use.

この結果、目的に応じて最適なエネルギー発生量を得ることが出来、利用上の制限が少なく、取り扱いやすい安全で安定なエネルギー源を提供することができる。

[0046]

Next, the heat utilization system 11 of the above embodiment will be described using Figure 6.

次に、図 6 を用いて前述の実施形態の熱利用システム 11 について説明する。

Figure 6 is a flow sheet of a thermoelectric power generation system, in which molten lithium coolant heated by the nuclear fusion reaction is guided from the reaction vessel 7, which constitutes the nuclear fusion reactor, through piping 201 to the high-temperature part 203 of the thermoelectric element (thermoelectric material) 205, which heats the part, and then guided through piping to the circulation pump 202, which returns to the nuclear fusion reaction vessel, forming a primary circulation loop.

図6は、熱電発電システムのフローシートであって、核融合反応装置を構成する反応容器7から核融合反応により加熱された溶融リチウム冷却材が配管201を介して、熱電素子（熱電物質）205の高温部203に導かれ当該部を加熱した後循環ポンプ202に配管で導かれ、当該ポンプ202で核融合反応容器に戻る1次系循環ループを形成している。

[0047]

Meanwhile, a secondary heat removal loop for cooling and removing heat from the low-temperature section 204 of the thermoelectric element 205 is composed of piping 206, a circulation pump 207, and a heat dissipation device 208.

一方、熱電素子205の低温部204を冷却除熱する2次系除熱ループが配管206、循環ポンプ207、放熱装置208により構成されている。

The thermoelectric element 205 is in close contact with the high-temperature section 203 and the low-temperature section 204, and electricity is generated by the temperature difference between the high-temperature section 203 and the low-temperature section 204. In other

words, it directly converts thermal energy into electrical energy. The generated electrical energy is supplied to the load via cable 209.

熱電素子 205 の高温部 203 と低温部 204 との間には熱電素子 205 が密接されていて、高温部 203 と低温部 204 との温度差により電気を発生する。即ち、熱エネルギーを直接電気エネルギーに変換する。発生した電気エネルギーはケーブル 209 により負荷に供給される。

[0048]

According to the embodiment shown in Figure 6, since thermal energy can be directly converted into electrical energy, an extremely simple power generation system can be realized, and a fusion energy supply device that is economical and reliable can be provided.

図 6 の実施形態によれば、熱エネルギーを直接電気エネルギーに変換できるため、極めて簡素な発電システムを実現でき、経済性や信頼性に富んだ核融合エネルギー供給装置を提供することができる。

[0049]

The present invention is not limited to the embodiments described above, and can be implemented with the following modifications.

本発明は、以上述べた各実施形態に限定されず、次のように変形して実施できる。

Figure 5 is a schematic cross-sectional view illustrating a modified example of the present invention, in which the discharge pulse power supply 105 applied to the anode 102 and cathode 101 is configured as a DC power supply.

図5は、本発明の変形例を説明するための概略断面図であり、ここでは陽極102と陰極101に印加する放電用パルス電源105を直流電源として構成したものである。

In such a configuration, a cathode with the configuration shown in Figure 2 may be used, or the insulating material, heat exchange system, and insulating ring shown in Figure 3 may be

used, or an insulating ring with the configuration shown in Figure 4 may be used, or a combination of the insulating material, heat exchange system, and insulating ring with the configurations shown in Figures 3 and 4 may be used.

このような構成のものに、図 2 に示す構成の陰極を使用したり、図 3 に示す断熱材及び熱交換システム並びに絶縁リングを使用するようにしたり、更には図 4 に示す構成の絶縁リングを使用したり、あるいは図 3 及び図 4 に示す構成の断熱材及び熱交換システム並びに絶縁リングを組合せるようにしてもよい。

[0050]

In Figure 5, the energy supply device, which consists of a molten lithium electrode acting as the cathode (101), a positive electrode (102), a hydrogen replenishment port (103), a container (104), and a pulse power supply for discharge (105), ionizes hydrogen gas (106) by discharge.

図5において、101は陰極となる溶融リチウム電極、102は陽電極、103は水素補給孔、104は容器、105は放電用パルス電源で構成されたエネルギー供給装置は、放電により水素ガス106を電離する。

Hydrogen ions 107 are accelerated by the electric field and injected into the molten lithium electrode 101. This generates a high-density ion-electron plasma on the molten lithium surface. This high-density liquid ion-electron plasma destroys the Coulomb barrier between atomic nuclei, and at the same time, the condensation forces acting between the nuclei bring the atoms closer together to the reaction distance, inducing a nuclear fusion reaction. The molten lithium contained in container 104 is converted into helium through a nuclear fusion reaction.

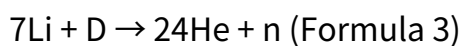
水素イオン107は電界によって加速され、溶融リチウム電極101に打ち込まれる。すると、溶融リチウム表面に高密度イオン・電子プラズマが生成され、これら高密度の液体イオン・電子プラズマによって原子核間のクーロン障壁を滅殺すると同時に原子核間に働く凝縮力によって、原子間同志を反応距離に近接させ、核融合反応を誘発させる。容器104に内蔵された溶融リチウムは、核融合反応によりヘリウムに変換される。

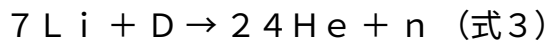
[0051]

Furthermore, as a modification of the present invention, by using deuterium instead of hydrogen as the discharge gas in Figures 1, 3, and 4, the fusion energy neutrons generated in the following reaction can be used as energy, or they can be used to irradiate depleted uranium and produce new nuclear fuel.

更に、本発明の変形例として、図1、図3、図4の放電ガスとして水素の代わりに、重水素を用いることで、以下の反応にて発生する核融合エネルギー中性子をエネルギーとして用いたり、劣化ウランに照射し、新たな核燃料の製造に利用することができる。

[0052]





[0053]

[Effects of the Invention] According to the present invention, it is possible to provide a method for generating a molten lithium nuclear fusion reaction and a molten lithium nuclear fusion energy generator that are easy to handle, can stabilize the discharge, prevent the scattering of lithium, and can supply stable and safe energy.

【発明の効果】本発明によれば、放電を安定にし、しかもリチウムの飛散を防止し安定で安全なエネルギーを供給できる、取り扱いやすい、溶融リチウム核融合反応生成方法及び溶融リチウム核融合エネルギー発生装置を提供することができる。

[0054]

Brief explanation of the drawing

図面の簡単な説明

[0055]

Figure 1 is a diagram illustrating the schematic configuration of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to the first embodiment of the present invention.

図 1 本発明の第 1 の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概略構成を説明するための図。

[0056]

Figure 2 is a diagram illustrating the configuration of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to an embodiment of the cathode portion of the present invention.

図 2 本発明の陰極部分の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の構成を説明するための図。

[0057]

Figure 3 is a diagram illustrating the schematic configuration of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to a second embodiment of the present invention.

図 3 本発明の第 2 の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概略構成を説明するための図。

[0058]

Figure 4 is a diagram illustrating the schematic configuration of a molten lithium nuclear fusion energy generator according to a third embodiment of the present invention.

図4 本発明の第3の実施形態の溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概略構成を説明するための図。

[0059]

Figure 5 is a diagram illustrating the schematic configuration of a molten lithium nuclear fusion energy generator for illustrating a modified example of the present invention.

図5 本発明の変形例を説明するための溶融リチウム核融合エネルギー発生装置の概略構成を説明するための図。

[0060]

Figure 6 is a diagram illustrating the heat utilization system 11 of the embodiment described above.

図 6 前述の実施形態の熱利用システム 11 を説明するための図。

[0061]

Explanation of the symbols

符号の説明

[0062]

1...Anode 2...Cathode 3...Insulating ring 3A...Insulating plate 4...Pulse power supply 5...
Hydrogen injection device 6...He recovery device 7...Reaction vessel 9...Liquid lithium 10...
Heat exchange system 11...Heat utilization system 13...Perforated plate 14...Wire mesh 15...
Lithium measurement and purification system 101...Cathode 102...Anode 104...Container
105...Pulse power supply for discharge 106...Hydrogen gas 107...Hydrogen ions

1…陽極 2…陰極 3…絶縁リング 3 A…絶縁板 4…パルス電源装置 5…水素注入装置 6…H e 回収
装置 7…反応容器 9…液体リチウム 1 0…熱交換システム 1 1…熱利用システム 1 3…多孔板
1 4…金網 1 5…リチウム計測純化系 1 0 1…陰極 1 0 2…陽極 1 0 4…容器 1 0 5…放電用パル
ス電源 1 0 6…水素ガス 1 0 7…水素イオン