

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-249725

(P2008-249725A)

(43) 公開日 平成20年10月16日 (2008. 10. 16)

(51) Int. Cl.

G 2 1 B 3/00 (2006.01)

F 1

G 2 1 B 1/00

Y

テーマコード (参考)

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2008-150373 (P2008-150373)
(22) 出願日 平成20年6月9日 (2008. 6. 9)
(62) 分割の表示 特願2005-362652 (P2005-362652)
の分割
原出願日 平成17年12月16日 (2005. 12. 16)

(71) 出願人 504396346
有限会社 R I N E
兵庫県宝塚市雲雀丘 2 - 1 2 - 5 0
(71) 出願人 501235688
池上 さやか
兵庫県宝塚市雲雀丘 2 - 1 2 - 5 0
(71) 出願人 591023734
坂口電熱株式会社
東京都千代田区外神田 1 丁目 1 2 番 2 号
(74) 代理人 100062982
弁理士 澤木 誠一
(74) 代理人 100102749
弁理士 澤木 紀一
(72) 発明者 池上 栄胤
兵庫県宝塚市雲雀丘 2 - 1 2 - 5 0

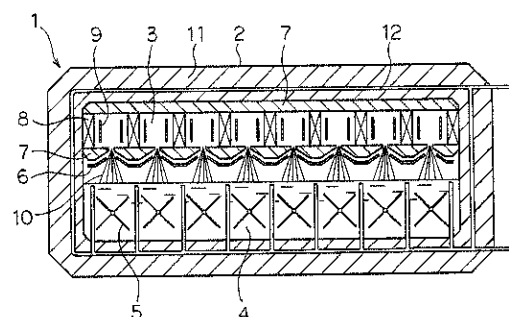
(54) 【発明の名称】 反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法及び装置

(57) 【要約】

【課題】核子あたり 1 0 k e V 程度の原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの重陽子又は陽子ビームを溶融金属リチウムの液体標的に注入する化学核融合反応では、液体中の熱力学的力によって反応レートが 1 0¹⁰ 倍以上増進するが、該液体標的中で水素化リチウムを生成する化学反応が競合して発生するため金属リチウムが劣化し核融合増進効果が減殺される。

【解決手段】本発明においては、前記競合する化学反応を排除するため、反応槽内面を金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材で覆い、反応槽内の放電で生じた不活性ガスのイオン又は軽重水素との分子イオンを溶融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体標的に注入し、この注入で、溶融金属リチウム又はリチウム合金等の液体標的内で原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生させ競合化学反応を誘発することなく反跳イオンと上記液体標的物質の原子との間で熱力学的力によって増進する反跳リチウム化学核融合反応を誘発させる。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項1】**

内面を金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材で覆った反応槽内の放電で生じた不活性ガスまたは軽重水素のイオン、あるいは分子イオンを熔融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体標的に注入して原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生し、反跳イオンと標的の原子との間で化学核融合反応を誘発させ、上記核融合で放出される低速中性子により上記中性子吸収材および上記液体標的に二次核反応を誘発せしめることを特徴とする反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法。

【請求項2】

上記液体標的に金属リチウム以外の例えばベリリウム等の化学核融合反応誘発物質を混入することを特徴とする請求項1記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法。

【請求項3】

上記液体標的の表面の局所的温度上昇を抑えるため液体標的を攪拌または流動させることを特徴とする請求項1記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法。

【請求項4】

上記液体標的の表面の局所的温度上昇を抑えるため上記液体標的に例えば金属ナトリウム等の温度制御物質を混入することを特徴とする請求項1記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法。

【請求項5】

正または負の原子イオンあるいは分子イオンを生成する手段および熔融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体標的と、内面を金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材で覆った、上記液体標的を囲む反応槽と、上記イオンを、原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生するような速度に加速して上記液体標的に注入する手段とよりなり、反跳イオンと標的の原子との間で化学核融合反応を誘発させ、上記核融合で放出される低速中性子により上記中性子吸収材および上記液体標的に二次核反応を誘発せしめることを特徴とする反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置。

【請求項6】

上記反応槽の内面を更にガンマ線遮蔽材で覆ったことを特徴とする請求項5記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置。

【請求項7】

上記液体標的に金属リチウム以外の例えばベリリウム等の化学核融合反応誘発物質が混入されていることを特徴とする請求項5または6記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置。

【請求項8】

上記液体標的の表面の局所的温度上昇を抑えるため液体標的を攪拌または流動させることを特徴とする請求項5、6または7記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置。

【請求項9】

上記液体標的の表面の局所的温度上昇を抑えるため上記液体標的に例えば金属ナトリウム等の温度制御物質が混入されていることを特徴とする請求項5、6または7記載の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法及び装置、特に、熔融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体を標的とし、イオン注入で生ずる標的中の反跳イオンが誘発する反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法及び装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

現在実用レベルの核融合はまだ実現していない。このようなことから本発明者は、特許文献1（無反跳非熱核融合反応生成方法及び無反跳熱エネルギー発生装置）、特許文献2（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）、特許文献3（非熱核融合発電方法及び非熱核融合発電装置）、特許文献4（核融合反応装置）、特許文献5（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）、特許文献6（増進核融合発生方法及び増進核融合エネルギー発生装置）を発明した。

【0003】

また、これらの発明の熱力学第二法則に立脚した理論は非特許文献1に、又この理論の実験的検証は非特許文献2の中のNo. 3および非特許文献3に開示されている。これらの文献では既存の手段によって実用レベルの非熱核融合の達成が可能であり、これを利用したエネルギー装置の構成例が示されている。

【特許文献1】特開2003-270372号公報

【特許文献2】特開2002-207092号公報

【特許文献3】特開2003-066176号公報

【特許文献4】特開2003-130976号公報

【特許文献5】特開2003-130977号公報

【特許文献6】特開2005-049246号公報

【非特許文献1】Japan Journal of Applied Physics 40, 6092 (2001) 池上栄胤 著

【非特許文献2】Bulletin of Institute of Chemistry, Uppsala University, September 2002 池上栄胤 他著, http://www.inst.kemi.uu.se/Bulletin/Bulletinen_1.pdf

【非特許文献3】Progress of Theoretical Physics Supplement 154, 251 (2004) 池上栄胤 他著

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

前記各文献では、実用化する上で完全解決していない次の課題がある。即ち、前記各文献には核子あたり10（キロ電子ボルト）程度あるいはそれ以下のエネルギーの重陽子または陽子ビームを溶融金属リチウムを主体とする液体標的に注入し、核融合レートを 10^{10} 倍以上増進する化学核融合反応と呼ばれるようになった新原理の核融合方法が開示されているが、該液体金属リチウム中で化学核融合反応と競合する化学反応が水素化リチウムを生成して溶融金属リチウムの液体活性が劣化し化学核融合反応の増進度が減殺される。

【0005】

注入イオンは衝突点で液体標的中の原子と融合原子を形成するが、融合原子内では、衝突原子核同志が $p\text{ m}$ （ピコメートルすなわち 10^{-12} m ）以内の極小空間に閉じ込められ数 keV の零点エネルギーで超高密度の相互作用をなし、トンネル効果による核反応を誘発する可能性が生ずる。該融合原子形成の原子反応で放出される化学エネルギー（Gibbsエネルギーと呼ぶ）が大きい場合は、融合原子形成の寿命が後述する莫大な増進因子で延長される。その結果、相互作用をしている原子核の閉じ込め時間も延長され、その因子で核反応レートも増大するのである。

【0006】

このような機構で、太陽内部の熱核融合プラズマ密度の100万倍に相当する超高密度の白色矮星や超新星でおこっている核融合を地上で実現したのが化学核融合である。

【0007】

そこで、本発明の課題は、化学核融合反応と競合する化学反応を排除して、リチウムの完全な金属性を保証することにより、注入イオンの殆どがリチウム化学核融合を誘発する実用可能な化学核融合反応発生法および化学核融合エネルギー発生装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法は、内面を金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材で覆った反応槽内の放電で生じた不活性ガスまたは軽重水素のイオン、あるいは分子イオンを溶融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体標的に注入して原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生し、反跳イオンと標的の原子との間で化学核融合反応を誘発させ、上記核融合で放出される低速中性子により上記中性子吸収材および上記液体標的に二次核反応を誘発せしめることを特徴とする。

【0009】

また、本発明の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置は、正または負の原子イオンあるいは分子イオンを生成する手段および溶融金属リチウムを主体とする核融合物質からなる液体標的と、内面を金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材で覆った、上記液体標的を囲む反応槽と、上記イオンを、原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生するような速度に加速して上記液体標的に注入する手段とよりなり、反跳イオンと標的の原子との間で化学核融合反応を誘発させ、上記核融合で放出される低速中性子により上記中性子吸収材および上記液体標的に二次核反応を誘発せしめることを特徴とする。

【0010】

また、本発明においては、上記液体標的に金属リチウム以外の例えばベリリウム等の化学核融合反応誘発物質が混入されていることを特徴とする。

【0011】

また、本発明においては、上記液体標的を攪拌または流動させるかあるいは上記液体標的に例えば金属ナトリウム等の標的溫度調整物質を混入することを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、核融合反応の主体は殆ど金属リチウムであるからクリーンな真空中で溶融金属リチウムまたはリチウム合金等の核融合物質からなる液体標的に不活性ガス又は軽重水素との混合ガスのイオンを加速して注入して生じた反跳イオンを液体標的の原子と反応させ、リチウム化学核融合反応を増進させることができる。そのため安全かつ安定したエネルギー供給ができ、その取扱いも容易で簡便である。

【0013】

(本発明の理論的根拠)

【0014】

一般に注入イオンは液体標的物質の原子と衝突を繰り返すが、加速エネルギーの多くの部分は一次衝突の標的原子に反跳エネルギーの形で移行する。注入イオンおよび標的物質の原子の質量をそれぞれ m_i 、 m_t とし、イオンの注入エネルギーを E_0 とすると反跳エネルギー E_r は運動量とエネルギーの保存則により決まり、数 1 で表わされる。

【0015】

【数1】

$$E_r = 4 \left(m_i / m_t \right) \left[1 + \left(m_i / m_t \right) \right]^{-2} E_0 \quad (1)$$

【0016】

一例としてアルゴン⁴⁰Aのイオンが標的物質の原子の⁷Liに衝突した場合は $E_r = 0.51 E_0$ となる。二次以降の衝突における反跳エネルギーは注入アルゴンのエネルギーの $1/4$ 以下と小さいから衝突エネルギーの減少で指数函数的に反応確率が減少する核融合反応では二次以降の衝突で生じた反跳リチウム原子が誘発する寄与は無視できる。

【0017】

化学核融合反応と同様のメカニズムは、宇宙物理学者が超高密度の白色矮星や超新星爆発前に発生していると考えている零点振動核反応 (pycnonuclear reaction) 以外には、前記非特許文献 1 以前は理論的にも実験的にも報告例が全くない。一方常温核融合は液

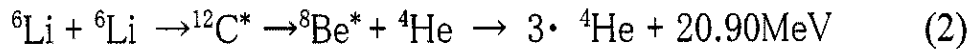
体活性の存在しない固体中の水素－水素核融合でありガスプラズマ中の水素－水素核融合と同様の水素－水素核融合であって化学核融合とは無縁である事はいうまでもない。

【0018】

ここでは化学核融合反応のうち、本発明の反跳リチウム化学核融合反応を数2の核融合反応を例にとり詳述する。

【0019】

【数2】



【0020】

ここで ${}^{12}\text{C}^*$ と ${}^8\text{Be}^*$ は反応中間生成励起核で、 20.90MeV は反応発生エネルギーであり、単位 MeV は100万電子ボルトである。

【0021】

この場合の発生エネルギーは全て生成ヘリウム原子 ${}^4\text{He}$ イオン（アルファ線）の運動エネルギーの形で放出される。この反応では、反跳 ${}^6\text{Li}$ イオンエネルギーが 40keV （キロ電子ボルト）の場合、核融合反応レートに比例するクーロン障壁の貫通因子は 4.3×10^{-48} と小さく通常の観測手段では不可能なほどに反応確率は小さい。しかし、このエネルギー領域では数2の核融合反応に以下に示す数3の原子変換反応が附随的に発生する。

【0022】

【数3】



【0023】

このため熔融金属リチウムの核融合反応数2では数3の原子変換反応における Gibbs エネルギー変化 $\Delta G_r = -4.7\text{eV}$ と液体標的溫度 T で決まる熱力学的力による数4で示す莫大な値の反応増進因子が期待される。

【0024】

【数4】

$$\exp(-\Delta G_r / k_B T) \quad (4)$$

【0025】

ここで k_B はボルツマン（Boltzmann）常数であり、原子変換反応数3における Gibbs エネルギー変化 ΔG_r はリチウムと炭素それぞれの生成エネルギー G_f から数5によって算出される。

【0026】

【数5】

$$\Delta G_r(\text{C}) = \Delta G_f(\text{C}) - 2 \Delta G_f(\text{Li}) = -4.7\text{eV} \quad (5)$$

【0027】

例えば金属リチウムの融点に近い絶対溫度 $T = 460\text{K}$ （ケルビン）では $k_B T = 0.040\text{eV}$ で数4で示す増進因子の値は 10^{51} に達する。そのため核融合反応数2は、原子変換反応数3を通じて前記の微細な貫通因子を相殺する大きなレートで発生する。さらに、原子変換反応数3の中間生成原子の炭素が、リチウムと約 2.0eV のエネルギーで結合する可能性を考慮すると Gibbs エネルギー変化の数5の値は -6.7eV となり、増進因子は 10^{72} にもなり得る。

【0028】

核融合反応レート増進効果は核反応で発生したアルファ線（ヘリウムイオン）の観測で確認されており、上記非特許文献2及び3に開示されている。

【0029】

例えば、金属リチウムの融点における加速エネルギー10keV（キロ電子ボルト）及び20keVの重水素原子分子混合イオン注入で、それぞれ 10^{14} 倍、 10^{12} 倍程度の核融合反応レートの増進が観測されている。

【0030】

液体標的が濃縮 ${}^6\text{Li}$ ではない天然リチウムでは、 ${}^7\text{Li}$ の存在比率が93%で、数2の核融合反応と共に数6及び数7に示す核融合反応が発生する。

【0031】

【数6】



【0032】

【数7】



【0033】

ここでnは低速中性子である。

【0034】

核融合で放出された低速中性子は、前記特許文献1で解説されているように金属リチウムまたはボロン或いはリチウム、ボロン化合物等の中性子吸収材および前記液体標的リチウムに吸収されるので、この二次核反応もエネルギーを発生する。これらの核融合反応と二次核反応はイオンの注入中止あるいは反応に伴う標的溫度上昇で即座に停止するので、容易にエネルギー発生が制御が可能であり、使用しないときにはエネルギー及び放射線の放出がないため、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。

【0035】

熔融リチウム標的に物質Xを混入して、リチウムを溶融合金にすると、反跳リチウムイオンが誘発する核融合反応には次の数8に示される原子変換が連動して発生する。この場合の変換前後のGibbsエネルギー変化は次の数9に示されるようになる。

【0036】

【数8】



【0037】

【数9】

$$\Delta G_r(\text{CX}) = \Delta G_f(\text{CX}) - \Delta G_f(\text{LiX}) - \Delta G_f(\text{Li}) < 0 \quad (9)$$

【0038】

上記数5と数9に示されるGibbsエネルギー変化の間に次の数10が成立する。

【0039】

【数10】

$$\Delta \text{Gr} (\text{CX}) < \Delta \text{Gr} (\text{C}) < 0 \quad (10)$$

【0040】

この関係が成立する場合は、化学核融合反応の増進度が次の数11に示すように向上するが、上記原子変換反応数8で生成した炭素の中間生成励起核は 10^{-18} 秒以内にヘリウムに分裂するので、遊離したXは消失することなく再びリチウムと合金化する。つまりこの物質Xは触媒としての機能をもつことになる。

【0041】

【数11】

$$\exp [-\Delta \text{Gr} (\text{CX}) / k_{\text{B}} T] > \exp [-\Delta \text{Gr} (\text{C}) / k_{\text{B}} T] \quad (11)$$

【0042】

具体例の一つとして、ボロンを触媒Xとしてリチウムに混入する場合を考える。

【0043】

ボロンは300℃以下でリチウムと化合はせず、リチウム中に溶けて金属性を持つようになり合金化する。リチウム-ボロン合金の化学核融合反応の場合の数9で示されるGibbsエネルギー変化はリチウム単体の場合の数5に示される値より2eV程度絶対値が増加し、上記数8に示される原子変換反応の増進度は数3に示される原子変換反応に比べ 10^{20} 倍以上大きくなる。これにともなって化学核融合反応の増進度も同じ倍数だけ大幅に増大する。反跳Liイオンが分子イオンの場合はCXの役をするC₂が発生し自己触媒効果がある。

【0044】

次に注入イオンに混合イオンが存在する場合を考える。一例として、不活性ガスのヘリウムに重水素が混入していると複合イオンHeD⁺が発生し、液体標的リチウム中で、反跳リチウムによる反応とあわせて数12に示される分子変換反応を誘発する。

【0045】

【数12】



【0046】

この反応のGibbsエネルギー変化は-5.11eVと著しいので、反応増進因子は 10^{56} 倍にもなるから同イオンの重陽子は全て⁷Li又は⁶Liと化学核融合反応をおこす。したがって、この場合は不活性ガスに重水素が混入していても標的中の熔融金属リチウムが重水素との化学反応で劣化することは避けられる。また核融合生成物はリチウム化学核融合反応の場合と同様にヘリウムのみである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下図面によって本発明の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生法及び装置を説明する。

【実施例】

【0048】

図1は本発明反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置の反応装置本体1の一例としての8連PIG型イオン源装着の概略構造図であって熔融金属リチウム容器2、PIG型イオン源3、熔融金属リチウム又は同合金を主体とする核融合物質からなる液体標的4、

攪拌器5、イオン加速電極6、イオン源の磁極カソード7、永久磁石8、イオン源アノード9、イオンビーム10、容器2の内面を覆った金属リチウムやボロンまたはリチウムやボロンの化合物等の中性子吸収材11及び蒸気発生熱交換器12の各構成要素で構成されている。ただし、熔融金属リチウム予備加熱システムや補助的エネルギー取り出しの熱電対列等の機器類や高圧電源は省略している。

【0049】

イオン源3はアルゴン、ネオン、ヘリウム等の不活性ガスあるいは軽重水素との混合ガスのPIG型のイオン源を並列に集積した構造をしており、ここから引き出したイオンビーム10は加速電極6で所定のエネルギー（後述する原子質量単位あたり数キロ電子ボルトのエネルギーの反跳イオンを発生するような大きさ、例えば数10keV）に加速し、液体標的4の熔融金属リチウム又はリチウム合金に注入し、反跳リチウムイオンを発生せしめる。その結果、大部分の反跳リチウムイオンが熔融金属リチウム表層で核融合反応を誘発し、放出エネルギー数MeVのヘリウムイオンを発生する。ヘリウムイオンで加熱されたリチウム又はリチウム合金からの熱エネルギーは熱電対列或いは液体リチウム等の反応装置冷却用冷媒を通じて取り出す。

【0050】

本発明では反応生成物がヘリウムであるので、ヘリウム回収システムにより取り出して有効利用することができ放射性廃棄物は生じない。

【0051】

上記実施例によれば、不活性ガスイオンをクリーンな真空中の標的金属リチウムに導入することができ、イオン源のガス圧及び印加電圧の調整でイオンビーム強度も加速エネルギーと同様に自由に制御できる。この結果、発電あるいは地域暖房等の目的に応じて、最適エネルギー発生量が得られ、利用上の制限が少なく安全且つ安定なエネルギー源を提供することができる。

【0052】

本発明ではイオン源3を導入するかわりに反応装置本体1内の空間を稀薄ガスで満たし、イオン加速電極6と熔融リチウムを主体とする液体標的4の間に高電圧パルスを印加してガスのイオン化と加速を同時に達成することもできる。

【0053】

なお、上記容器2の内壁面は更にガンマ線遮蔽材で覆うようにしても良い。

【0054】

また、上記液体標的には金属リチウム以外の化学核融合反応誘発物質または例えば金属ナトリウム等の標的温度制御物質を混入しても良い。

【図面の簡単な説明】

【0055】

【図1】本発明の反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置本体の説明図である。

【符号の説明】

【0056】

- 1 反跳リチウム化学核融合エネルギー発生装置の反応装置本体
- 2 熔融金属リチウム容器
- 3 PIG型イオン源
- 4 液体標的
- 5 攪拌器
- 6 イオン加速電極
- 7 磁極カソード
- 8 永久磁石
- 9 アノード
- 10 イオンビーム
- 11 中性子吸収材
- 12 蒸気発生熱交換器

【図1】

