

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年6月16日(16.06.2016)

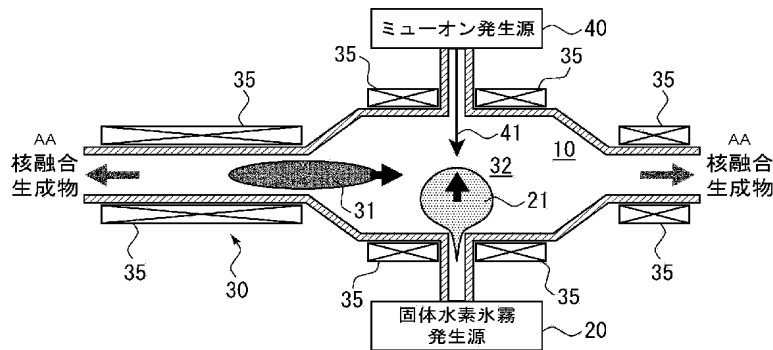


(10) 国際公開番号
WO 2016/093324 A1

- (51) 国際特許分類:
G21B 3/00 (2006.01) G21B 1/00 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/084706
 - (22) 国際出願日: 2015年12月10日(10.12.2015)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2014-250765 2014年12月11日(11.12.2014) JP
 - (71) 出願人: 学校法人日本大学(NIHON UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1028275 東京都千代田区九段南四丁目8番24号 Tokyo (JP).
 - (72) 発明者: 浅井 朋彦(ASAI, Tomohiko); 〒1028275 東京都千代田区九段南四丁目8番24号 学校法人日本大学内 Tokyo (JP). 稲垣 滋(INAGAKI, Shigeru); 〒8168580 福岡県春日市春日公園6-1 国立大学法人九州大学内 Fukuoka (JP).
 - (74) 代理人: 生井 和(NAI, Kazuhira); 〒1070062 東京都港区南青山2-22-14 フォンテ青山612 なまい国際特許事務所 Tokyo (JP).
 - (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
 - (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: MUON-PLASMOID COMPOUND NUCLEAR FUSION REACTOR

(54) 発明の名称: ミューオン-プラズモイド複合核融合炉



20 Solid hydrogen ice fog generating source
40 Muon generating source
AA Nuclear fusion product

(57) Abstract: Provided is a muon-plasmod complex nuclear fusion reactor whereby muon reactivation can be performed in order to increase the efficiency of energy production. A muon-plasmod complex nuclear fusion reactor for obtaining a nuclear fusion reaction comprises a target container 10, a solid hydrogen ice fog generating source 20, a plasmod generating source 30, and a muon generating source 40. The solid hydrogen ice fog generating source 20 is connected to the target container 10, and injects solid hydrogen into the target container 10 and forms a solid hydrogen ice fog 21. The plasmod generating source 30 is connected to the target container 10, and generates a magnetized plasmod 31, transports the magnetized plasmod into the solid hydrogen ice fog 21 in the target container 10, and forms a solid-plasma complex region 32. The muon generating source 40 is connected to the target container 10, and injects muons 41 into the solid-plasma complex region 32 to obtain a nuclear reaction.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/093324 A1

エネルギー生産効率を高めるためにミュオンの再活性化を行うことが可能なミュオン-プラズモイド複合核融合炉を提供する。核融合反応を得るためのミュオン-プラズモイド複合核融合炉は、標的容器10と固体水素氷霧発生源20とプラズモイド発生源30とミュオン発生源40とからなる。固体水素氷霧発生源20は、標的容器10に接続され、標的容器10内に固体水素を入射し固体水素氷霧21を形成する。プラズモイド発生源30は、標的容器10に接続され、磁化プラズモイド31を発生すると共に標的容器10内の固体水素氷霧21中に磁化プラズモイドを移送し、固体-プラズマ複合領域32を形成する。ミュオン発生源40は、標的容器10に接続され、固体-プラズマ複合領域32にミュオン41を入射し核反応を得る。

明 細 書

発明の名称： ミューオンープラズモイド複合核融合炉

技術分野

[0001] 本発明は核融合炉に関し、特に、反応効率を高めた核融合炉に関する。

背景技術

[0002] 現存する核融合炉の方式は主に3種類あり、1つ目は高温プラズマの磁気閉じ込め方式でありトカマク方式、ステラレータ方式等である（例えば特許文献1）。2つ目はレーザー光等でターゲットを爆縮し高温高密度状態で短時間に反応を起こす慣性閉じ込め方式である。さらに3つ目はミューオンを用いたミューオン触媒方式である（例えば非特許文献1）。

[0003] 水素や重水素のアイスペレットをターゲットとしたミューオン触媒核融合炉は、核物理や加速器科学の分野で研究が進められ、安定的に核融合反応を得られることが知られている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2009-139153号公報

非特許文献

[0005] 非特許文献1：N. Nakamura et al. 「Measurements of ^3He accumulation effect on muon catalyzed fusion in the solid/liquid DT mixtures」Physics Letters B, Volume 465, Issues 1-4, 21 October 1999, Pages 74-80

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 磁気閉じ込め方式は、不安定性に伴うディスラプションや炉壁材料等、実用炉の実現には多くの課題がある。また、慣性封じ込め方式は、レーザー光の

開発やエネルギー回収方法等において課題も多い。そして、ミューオン触媒方式は、安定的に核融合反応を得られることが知られているが、エネルギー生産効率としては10倍以上のさらなる向上が必要であり、ミューオン生成効率のみで解決するのは困難であった。

[0007] 本発明は、斯かる実情に鑑み、エネルギー生産効率を高めるためにミューオンの再活性化を行うことが可能なミューオンープラズモイド複合核融合炉を提供しようとするものである。

[0008] 上述した本発明の目的を達成するために、本発明によるミューオンープラズモイド複合核融合炉は、核融合反応を起こすための標的容器と、標的容器に接続され、標的容器内に固体水素を入射し固体水素氷霧を形成するための固体水素氷霧発生源と、標的容器に接続され、磁化プラズモイドを発生すると共に標的容器内の固体水素氷霧中に磁化プラズモイドを移送し、固体ープラズマ複合領域を形成するためのプラズモイド発生源と、標的容器に接続され、固体ープラズマ複合領域にミューオンを入射し核反応を得るためのミューオン発生源と、を具備するものである。

[0009] ここで、固体水素氷霧発生源及びプラズモイド発生源は、生成される固体ープラズマ複合領域がミューオンの寿命に比べて長い時間維持されるように制御されるものであれば良い。

[0010] また、プラズモイド発生源は、磁化プラズモイドをプラズマの拡散又は緩和の時間スケールより速く、標的容器内の固体水素氷霧中に移送するものであれば良い。

[0011] また、ミューオン発生源は、固体水素氷霧が昇華する間にミューオンを入射するものであれば良い。

[0012] さらに、標的容器に接続され、核融合生成物を回収するためのエネルギー変換器を具備するものであっても良い。

[0013] また、プラズモイド発生源は、発生する磁化プラズモイドを閉じ込める磁場をガイド磁場として用いて核融合生成物をエネルギー変換器に誘導するものであっても良い。

発明の効果

[0014] 本発明のミュオンープラズモイド複合核融合炉には、ミュオンの再活性化を行うことが可能でありエネルギー生産効率が高まるという利点がある。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]図1は、ミュオンの反応サイクルを説明するための概略模式図である。

[図2]図2は、本発明のミュオンープラズモイド複合核融合炉を説明するための概略側断面図である。

発明を実施するための形態

[0016] まず、ミュオンの反応サイクルについて説明する。図1に、ミュオンの反応サイクルを説明するための概略模式図を示す。ミュオンの反応サイクルにおいて、1つのミュオンが何回触媒として反応するかがエネルギー生産効率を決定する。即ち、エネルギー生産効率を支配する最大の因子は、触媒として作用したミュオンが、核融合生成された α 粒子と結合して $\alpha\mu$ となり、反応サイクルから遁走する割合、即ち、 α -付着率である。この $\alpha\mu$ は、数十eV程度のプラズマ中で電離することが知られており、これが固体水素中に再入射することで再度触媒として作用する。そこで、本発明では、固体水素の周囲を「ぬるい」プラズマが取り巻く状況を作り、これを標的としてミュオンを入射することを考えた。

[0017] 以下、本発明を実施するための形態を図示例と共に説明する。図2は、本発明のミュオンープラズモイド複合核融合炉を説明するための概略側断面図である。図示の通り、本発明のミュオンープラズモイド複合核融合炉は、標的容器10と、固体水素氷霧発生源20と、プラズモイド発生源30と、ミュオン発生源40とから主に構成されている。

[0018] 標的容器10は、核融合反応を起こすための容器である。例えば真空容器であり、真空排気設備等により内部が真空に保たれるものである。また、核融合反応では放射線の発生を伴うため、放射線の遮蔽が可能な遮蔽材が用いられる。標的容器10は、核融合炉でこれまで用いられているものや今後開

発されるべきものを用いることが可能であり、特定の物には限定されない。

[0019] 固体水素氷霧発生源 20 は、標的容器 10 に接続されるものである。そして、標的容器 10 内に固体水素を入射し固体水素氷霧 21 を形成するものである。固体水素氷霧 21 は、固体水素を霧状に噴射することで、雲状に形成されたものである。固体水素氷霧発生源 20 としては、例えば細かいペレット状に水素を冷却し、これを標的容器 10 内に注入することが可能なものを用いれば良い。固体水素氷霧発生源 20 としても、既存のものや今後開発されるべきものを用いることが可能である。

[0020] プラズモイド発生源 30 は、標的容器 10 に接続されるものである。そして、磁化プラズモイド 31 を発生すると共に、標的容器 10 内の固体水素氷霧 21 中に移送し、固体-プラズマ複合領域 32 を形成するものである。即ち、磁化プラズモイド 31 を固体水素氷霧 21 に向けて高速に移動させると、固体水素氷霧 21 の周囲が「ぬるい」磁化プラズモイド 31 で取り巻かれる領域である固体-プラズマ複合領域 32 が形成される。具体的には、プラズモイド発生源 30 は、磁化プラズモイド 31 を、プラズマの拡散又は緩和の時間スケールより速く、標的容器 10 内の固体水素氷霧 21 中に移送する。これにより、プラズマが消える前に固体水素氷霧 21 の周囲を磁化プラズモイド 31 で取り巻くように制御して固体-プラズマ複合領域 32 が形成される。また、生成される固体-プラズマ複合領域 32 は、ミューオンの寿命に比べて長い時間維持されるように、固体水素氷霧発生源 20 及びプラズモイド発生源 30 により制御される。具体的には、ミューオンの寿命は約 2μ 秒であるため、これより有意に長い時間、例えば、数十 μ 秒程度、固体-プラズマ複合領域 32 が維持されるように制御する。

[0021] このように、固体水素氷霧発生源 20 及びプラズモイド発生源 30 を用いることで、固体水素氷霧 21 のような高密度で低温（例えば電子温度が 2 eV 未満）の触媒反応領域と、それを取り巻く磁化プラズモイド 31 のような比較的高温（例えば数十 eV ）の再活性化領域を同時に得られるようにする。

- [0022] プラズモイド発生源30としては、例えば磁場反転配位（FRC：Field-Reversed Configuration）プラズマ発生装置等、既存のものや今後開発されるべきものを用いることが可能である。例えば、逆磁場シートピンチ型FRC装置により生成された磁化プラズモイドを、磁場コイル（準定常磁場コイル）35が作る外部磁場勾配により固体水素氷霧21に向けて高速に閉じ込め部に移送すれば良い。
- [0023] そして、ミュオン発生源40は、標的容器10に接続されるものである。ミュオン発生源40は、固体－プラズマ複合領域32にミュオン41を入射するものである。具体的には、ミュオン発生源40は、固体水素氷霧21が昇華する間にミュオン41を入射する。これにより、標的容器10内で核反応が得られる。そして、触媒として作用したミュオン41が、核融合生成された α 粒子と結合し $\alpha\mu$ となるが、この $\alpha\mu$ が固体－プラズマ複合領域32内で電離し、ミュオンが再度触媒として作用する。したがって、ミュオンの反応効率が上がり、エネルギー生産効率が高まることになる。ミュオン発生源40としては、位相空間回転方式のものやイオン化冷却方式のもの等、既存のものや今後開発されるべきものを用いることが可能である。
- [0024] このように、本発明のミュオン－プラズモイド複合核融合炉によれば、磁化プラズモイドによりミュオンの再活性化が可能となりミュオンが触媒として何度も作用するような領域を生成したことで、反応効率が上がるためエネルギー生産効率が高まる。
- [0025] さらに、本発明のミュオン－プラズモイド複合核融合炉は、エネルギー回収にも都合が良い。即ち、プラズマを閉じ込める磁場をガイド磁場として用いることで、核融合反応生成物を移送することが可能である。例えば、核融合生成物を回収するためのエネルギー変換器を標的容器10に接続することが可能である。発生した磁化プラズモイドを閉じ込める磁場をガイド磁場として用いて核融合生成物をエネルギー変換器に誘導する。このように、本発明のミュオン－プラズモイド複合核融合炉は、直接エネルギー変換器に核融合生

成物を誘導することが可能となり、エネルギー回収システムとしての適合性も高い。

[0026] なお、本発明のミュオンープラズモイド複合核融合炉は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

符号の説明

- [0027]
- | | |
|-----|-------------|
| 1 0 | 標的容器 |
| 2 0 | 固体水素氷霧発生源 |
| 2 1 | 固体水素氷霧 |
| 3 0 | プラズモイド発生源 |
| 3 1 | 磁化プラズモイド |
| 3 2 | 固体ープラズマ複合領域 |
| 3 5 | 磁場コイル |
| 4 0 | ミュオン発生源 |
| 4 1 | ミュオン |

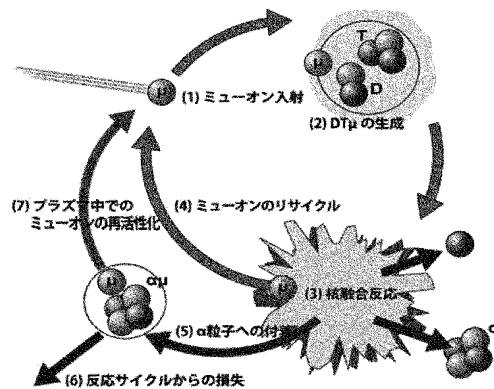
請求の範囲

- [請求項1] 核融合反応を得るためのミュオンープラズモイド複合核融合炉であって、該ミュオンープラズモイド複合核融合炉は、
核融合反応を起こすための標的容器と、
前記標的容器に接続され、標的容器内に固体水素を入射し固体水素氷霧を形成するための固体水素氷霧発生源と、
前記標的容器に接続され、磁化プラズモイドを発生すると共に標的容器内の固体水素氷霧中に磁化プラズモイドを移送し、固体ープラズマ複合領域を形成するためのプラズモイド発生源と、
前記標的容器に接続され、固体ープラズマ複合領域にミュオンを入射し核反応を得るためのミュオン発生源と、
を具備することを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。
- [請求項2] 請求項1に記載のミュオンープラズモイド複合核融合炉において、前記固体水素氷霧発生源及びプラズモイド発生源は、生成される固体ープラズマ複合領域がミュオンの寿命に比べて長い時間維持されるように制御されることを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。
- [請求項3] 請求項1又は請求項2に記載のミュオンープラズモイド複合核融合炉において、前記プラズモイド発生源は、磁化プラズモイドをプラズマの拡散又は緩和の時間スケールより速く、標的容器内の固体水素氷霧中に移送することを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。
- [請求項4] 請求項1乃至請求項3の何れかに記載のミュオンープラズモイド複合核融合炉において、前記ミュオン発生源は、固体水素氷霧が昇華する間にミュオンを入射することを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。
- [請求項5] 請求項1乃至請求項4の何れかに記載のミュオンープラズモイド

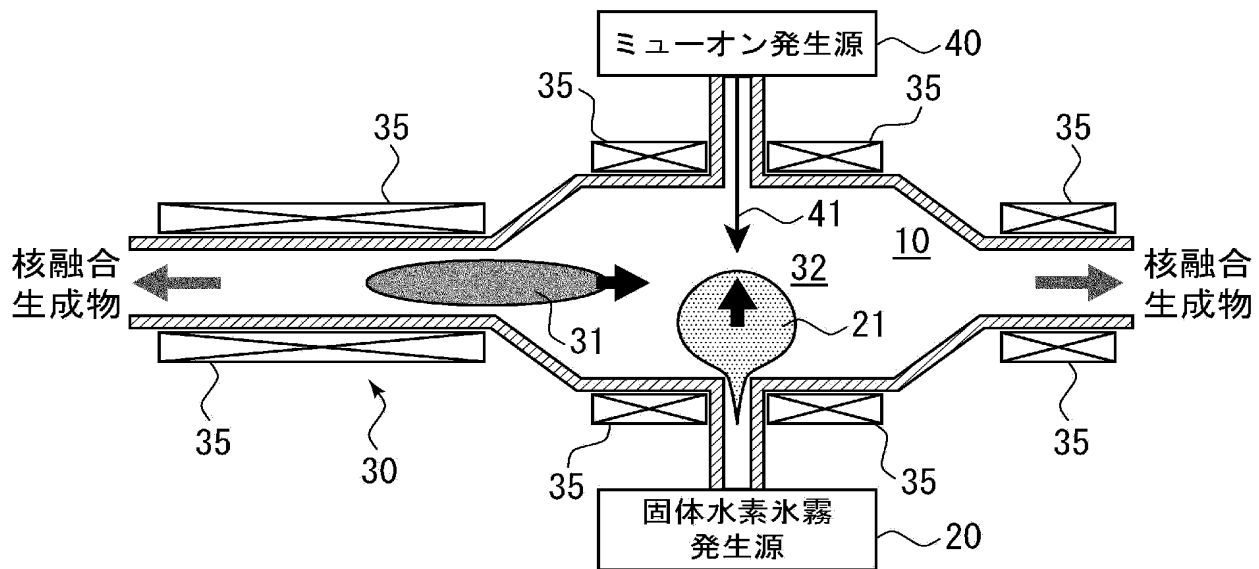
複合核融合炉であって、さらに、前記標的容器に接続され、核融合生成物を回収するためのエネルギー変換器を具備することを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。

[請求項6] 請求項5に記載のミュオンープラズモイド複合核融合炉において、前記プラズモイド発生源は、発生する磁化プラズモイドを閉じ込める磁場をガイド磁場として用いて核融合生成物をエネルギー変換器に誘導することを特徴とするミュオンープラズモイド複合核融合炉。

[図1]



[図2]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/084706

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G21B3/00(2006.01) i, G21B1/00(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)

G21B3/00, G21B1/00

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 | 1996-2016 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2016 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2016 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2009-96441 A (Motohiko INAI), 07 May 2009 (07.05.2009), entire text; all drawings (Family: none) | 1-6 |
| A | WO 2013/074666 A2 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA), 23 May 2013 (23.05.2013), entire text; all drawings & JP 2015-502532 A & US 2015/0187443 A1 & EP 2780913 A & AU 2012340058 A & CN 103918034 A & CA 2855698 A & MX 2014005773 A & EA 201490775 A & KR 10-2014-0101781 A & HK 1201977 A & TW 201332401 A & IL 232548 D & AR 88865 A & PE 20272014 A | 1-6 |

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
25 February 2016 (25.02.16)Date of mailing of the international search report
08 March 2016 (08.03.16)Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/084706

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 2002-148377 A (Japan Atomic Energy Research Institute), 22 May 2002 (22.05.2002), entire text; all drawings (Family: none) | 1-6 |

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. G21B3/00(2006.01)i, G21B1/00(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. G21B3/00, G21B1/00

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

| | |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報 | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2016年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2016年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2016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)

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 |
|-----------------|---|----------------|
| A | JP 2009-96441 A (稲井 基彦) 2009.05.07, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-6 |
| A | WO 2013/074666 A2 (THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA) 2013.05.23, 全文、全図 & JP 2015-502532 A & US 2015/0187443 A1 & EP 2780913 A & AU 2012340058 A & CN 103918034 A & CA 2855698 A & MX 2014005773 A & EA 201490775 A & KR 10-2014-0101781 A & HK 1201977 A & TW 201332401 A & IL 232548 D & AR 88865 A & PE 20272014 A | 1-6 |

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☞ 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

「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
 「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
 「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)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「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
 「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
 「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
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.02.2016

国際調査報告の発送日

08.03.2016

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)

林 靖

電話番号 03-3581-1101 内線 3273

21

3489

| 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 |
| A | JP 2002-148377 A (日本原子力研究所) 2002.05.22, 全文、全図 (ファミリーなし) | 1-6 |