

(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
2014年1月16日(16.01.2014)

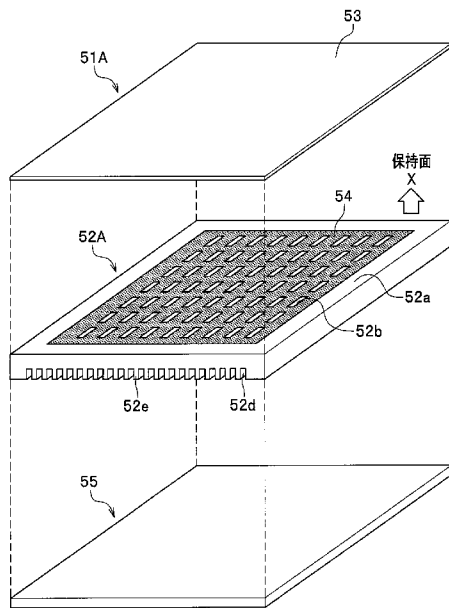


(10) 国際公開番号
WO 2014/010704 A1

- (51) 国際特許分類:
H05H 6/00 (2006.01) G21K 5/08 (2006.01)
A61N 5/10 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/069046
 - (22) 国際出願日: 2013年7月11日(11.07.2013)
 - (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 2012-158095 2012年7月13日(13.07.2012) JP
特願 2012-224172 2012年10月9日(09.10.2012) JP
 - (71) 出願人: 株式会社八神製作所(YAGAMI CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒4608318 愛知県名古屋市中区千代田二丁目16番30号 Aichi (JP).
 - (72) 発明者: 土田 一輝(TSUCHIDA Kazuki); 〒1130033 東京都文京区本郷三丁目22番5号
株式会社八神製作所 本郷営業所内 Tokyo (JP).
 - (74) 代理人: 磯野 道造(ISONO Michizo); 〒1020093 東京都千代田区平河町2丁目7番4号 砂防会館別館内
磯野国際特許商標事務所気付 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, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (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: TARGET FOR NEUTRON-GENERATING DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 中性子発生装置用のターゲットとその製造方法



X RETENTION SURFACE

(57) Abstract: Provided is a long-lived target for a neutron-generating device and a manufacturing method therefor. Said target is used in a neutron-generating device in which a target material, namely lithium, is exposed to a proton beam accelerated by an accelerator, generating neutrons via the ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ reaction. The target is provided with the following: a metal substrate (52A) that retains the target material (54); and a sealing metal thin film (53) on the retention-surface side (X) where the target material (54) is retained. The retention-surface side (X) of the metal substrate (52A) has an embossed structure wherein a border part (52a) and a plurality of island parts (52b) inside the area enclosed by the border part (52a) are left as is and regions other than said border part (52a) and island parts (52b) are made concave by being reduced in thickness by an amount equal to the thickness of the target material (54). The sealing metal thin film (53) is joined to the surface of the border part (52a) and the surfaces of the island parts (52b) by hot isostatic pressing (HIP), and the sealing metal thin film (53) thus seals the target material (54) in the concave parts.

(57) 要約: 長寿命の中性子発生装置用のターゲットとその製造方法を提供する。加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li}(p,n){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットであって、ターゲット材(54)を保持する金属基板(52A)と、ターゲット材(54)を保持する保持面側Xに密封金属薄膜(53)を備える。金属基板(52A)の保持面側Xには、縁枠部(52a)と、縁枠部(52a)に囲まれた内側に複数の島部(52b)を残して、縁枠部(52a)及び複数の島部(52b)以外の他の領域をターゲット材(54)の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造を

有する。密封金属薄膜(53)と、縁枠部(52a)及び複数の島部(52b)の表面とが、熱間静水圧プレス(HIP)接合されており、ターゲット材(54)が密封金属薄膜(53)により凹部に密封される。



WO 2014/010704 A1

明 細 書

発明の名称：中性子発生装置用のターゲットとその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、陽子ビームを照射して中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットとその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 癌細胞に集まりやすく、正常細胞に集まり難いホウ素 (^{10}B) を含むホウ素化合物による $^{10}\text{B} (n, \alpha) ^7\text{Li}$ 反応を利用して、ホウ素 (^{10}B) が熱中性子又は熱外中性子を捕獲した際に発生する α 粒子とリチウム原子核 (^7Li) で癌細胞を選択的に破壊する治療法であるホウ素中性子捕獲療法が知られている。従来、このホウ素中性子捕獲療法は、研究用原子炉を用いて実施してきたが、研究用原子炉の運用計画との調整が必要であり、容易に治療日程を組めないとか、既設の研究用原子炉の維持管理費や寿命の問題があった。また、一般の病院において原子炉を中性子発生装置として用いることは、費用や運用管理等の点から極めて難しい。

[0003] そこで、近年、加速器で陽子を加速し、所定のエネルギーに加速された陽子を所定のターゲット材に照射して、中性子を発生させる中性子発生装置が注目されてきた。このような中性子発生装置は、原子炉に比較して設備が簡素である。

一般に、この目的の中性子発生装置のターゲット材としては、特許文献 1、2 に記載されているように $^7\text{Li} (p, n) ^7\text{Be}$ 反応を利用するリチウム、⁹ $\text{Be} (p, n)$ 反応を利用するベリリウム、高エネルギーの陽子や重水素による核破砕反応を利用するウラン、タンタル、タングステン、鉛、ビスマス、水銀等の固体重金属が検討されている。

[0004] しかしながら、高エネルギーの陽子や重水素を加速器で加速して、固体重金属のターゲット材に照射して、核破砕反応により高密度の中性子を発生させる中性子発生装置では、加速器が大型かつ高価となり、一般の病院に設置で

きるものではない。

また、核破碎反応により発生する中性子のエネルギーは極めて高く、ターゲット材を有するターゲットを内部に含み、ホウ素中性子捕獲療法において用いられる所用のエネルギーの熱中性子や熱外中性子まで中性子のエネルギーを減速させる減速材を有するとともに、高エネルギー中性子の漏洩を抑制する遮蔽材を有する大型の中性子照射部を必要とする。

[0005] そこで、特許文献3に記載のように、 ${}^7\text{Li} (p, n) {}^7\text{Be}$ 反応に必要な陽子のエネルギー閾値が1.889 MeVであることから、陽子を加速する加速器も小型で比較的low価格のものとすることができ、加速された陽子を照射するターゲット材としてリチウム金属 (${}^7\text{Li}$) の薄い膜を用いることが提案されている。しかしながら、リチウム金属は活性度が高く、空气中で容易に酸素や窒素や水分と反応してしまう。そこで、金属基板の上に蒸着等の方法により数十 μm 程度の厚さの ${}^7\text{Li}$ の薄い膜を形成した後、その上から極めて薄いステンレス鋼薄板で金属基板に密封するとともに、リチウム金属を保持する金属基板に冷却材を循環させて冷却する冷却材流路を有するターゲットの構成が提案されている（特許文献3参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2008-22920号公報
特許文献2：特開2007-303983号公報
特許文献3：国際公開第2008/025737号

[0007] ところで、ホウ素中性子捕獲療法において患者に長時間の中性子照射を強いことなく、患部に照射するのに必要な熱中性子や熱外中性子の中性子束レベルを得るためには、例えば、陽子ビームの電流値は所要のレベル以上が必要である。

然るに、陽子ビームをステンレス鋼薄板側からリチウム金属を保持するターゲットに照射すると、ステンレス鋼薄板が加熱されて膨れ上がる。ステンレス鋼薄板が膨れ上がり、リチウム金属とステンレス鋼薄板との接触がなく

なるとステンレス鋼薄板が冷却されなくなり、ステンレス鋼薄板が破損してリチウム金属の密封性が損なわれる可能性がある。

- [0008] また、特許文献3に記載された構造のターゲットとしても、リチウム金属の融点は180℃と比較的低いので、ステンレス鋼薄板で密封されたリチウム金属が溶融することは避け難く、ステンレス鋼薄板が膨れ上がって、液化したリチウムがターゲットの金属基板の一部に偏在してしまい、ターゲットとしての機能が極めて劣化してしまう可能性がある。従って、そのような状態になる前に高価なターゲットを交換する必要がある。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0009] 本発明は、前記した従来の課題を解決するものであり、簡単な構造でターゲット材としてのリチウム金属の加熱が進んでもターゲットとしての機能を維持できる長寿命の中性子発生装置用のターゲットとその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 前記課題を解決するために、本発明は、加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li} (p, n) {}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットであって、ターゲット材を保持する金属基板と、金属基板においてターゲット材を保持する保持面側にターゲット材を密封する密封金属薄膜と、を備え、

金属基板の保持面側には、縁枠部と、縁枠部に囲まれた内部に縁枠部と同じ高さの複数の島部を残して、縁枠部及び複数の島部以外の他の領域をターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造と、を有し、

ターゲット材が密封金属薄膜により金属基板の凹部に密封されることを特徴とする。

- [0011] エンボス構造における減肉された凹部は、縁枠部に囲まれた内側に六方配置され、平面視で円形状を有する複数の円形凹部と、

隣接する円形凹部同士を互いに連通する連通凹部と、
からなることが好ましい。

[0012] 凹部の底面には、ターゲット材と金属基板との付着性を良くする付着促進層を設けることが好ましい。

また、金属基板は、保持面側と反対側の面側に冷却材を流す冷却材流路を多数条設けられていることが好ましい。

[0013] 金属基板は、鉄又はタンタルで構成され、密封金属薄膜は、ステンレス鋼薄板、チタン薄板、チタン合金薄板、ベリリウム薄板又はベリリウム合金薄板で構成されることが好ましい。また、付着促進層は、銅、アルミニウム、マグネシウム、又は亜鉛の薄膜層であることが好ましい。

[0014] エンボス構造における島部の材質は、中性子発生効率の向上の観点から 1～20質量%のCu、20～40質量%のAl、または45～60質量%のMgのいずれかを含み、残部がLiと不可避不純物からなるリチウム合金で構成されることが好ましい。

[0015] 前記特徴を有する本発明によれば、金属基板のターゲット材を保持する保持面側には、縁枠部と、縁枠部に囲まれた内側に縁枠部と同じ高さの島部を複数残して、縁枠部及び複数の島部以外の他の領域をターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造と、を有し、密封金属薄膜と、縁枠部及び複数の島部の表面とを、例えば、HIP接合して、ターゲット材が密封金属薄膜により金属基板の凹部に密封する。その結果、陽子ビームが密封金属薄膜を通してターゲット材のリチウムに照射され、密封金属薄膜が陽子ビームの加熱により膨れ上がっても、複数の島部の表面で接合されていることによりその膨れ上がりは抑制され、ターゲット材と密封金属薄膜との密着状態は維持される。

従って、金属基板が冷却材により冷却されることにより、金属基板、リチウムを介して密封金属薄膜も冷却され、密封金属薄膜の過熱による破損の可能性が低減できる。

[0016] 図7に示す比較例のように縁枠部だけで密封金属薄膜が接合されている場

合、ターゲットは、密封金属薄膜が膨れ上がるとその膨らみ体積が縁枠部の中央で大きくなり易い。その結果、ターゲット材であるリチウム金属が陽子ビームの照射により加熱されて溶けると、金属基板と密封金属薄膜との間で、リチウム金属がターゲットの下方側に偏ってしまい、陽子ビームの照射される部位にリチウム金属がほとんど存在しなくなるおそれがある。

本発明によれば、密封金属薄膜は、縁枠部及び複数の島部の表面とH I P接合され、金属基板の保持面側に接合されている。したがって、凹部に密封されたリチウム金属が陽子ビームの照射により加熱されて溶けても、密封金属薄膜の膨れ上がりによるターゲット材の厚さの変化が小さくなり、金属基板と密封金属薄膜との間で、ターゲットの縁枠部に囲まれた内側に均等に維持される。

[0017] その結果、ターゲットの寿命が延び、高価なターゲットを交換するまでの陽子ビームの累積照射時間を伸ばすことができる。つまり、ホウ素中性子捕獲療法を受ける患者の治療コストを低減することに寄与する。

[0018] また、本発明の別の形態は、加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li} (p, n) {}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットであって、ターゲット材を保持する金属基板と、金属基板においてターゲット材を保持する保持面側にターゲット材を密封する密封金属薄膜と、を備え、

前記ターゲット材が、1～20質量%のCu、20～40質量%のAl、または45～60質量%のMgのいずれかを含み、残部がLiと不可避不純物からなるリチウム合金で構成されることを特徴とする。

[0019] 前記特徴を有する本発明の別の形態によれば、ターゲット材の融点は、融点が比較的低い純リチウム金属をターゲット材とした場合と比較して数百℃程度高くなる。その結果、陽子ビームの照射によりターゲット材が加熱されて溶融することを抑制できる。そして、溶融したターゲット材が金属基板の一部に偏在してしまい、ターゲットとしての機能が劣化することを防ぐことができる。

発明の効果

[0020] 本発明によれば、簡単な構造でターゲット材としてのリチウム金属の加熱が進んでもターゲットとしての機能を維持できる長寿命の中性子発生装置用のターゲットとその製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0021] [図1]中性子発生装置の全体概要図である。

[図2]ターゲット部の概要図である。

[図3]ターゲットパネルの取り付け構造の説明図である。

[図4]ターゲットパネルのビーム照射面11a側の分解構造説明図である。

[図5]ターゲットの分解説明図である。

[図6]ターゲット51Aの製造工程の説明図であり、(a)は、ターゲット51Aの金属基板52Aの保持面側X(表側)に、エンボス構造を形成するエンボス構造加工工程と、金属基板の保持面と反対側(裏側)に冷却材流路52d用の溝部を形成する冷却材流路加工工程との後に、凹部52cの底面に付着促進層を形成する付着促進層形成工程を行い、その後に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたターゲット材を凹部52cに充填するターゲット材充填工程の説明図、(b)は、ターゲット材充填工程完了後の状態説明図、(c)は、保持面側平滑化工程を終了後の状態説明図、(d)は、ターゲット材充填工程後の、密封金属薄膜53と金属基板52Aと裏板55とをHIP接合した接合工程完了後の状態説明図である。

[図7]比較例のターゲット51Bの構造説明図であり、(a)は、ターゲット51Bの斜視図、(b)は、(a)におけるY-Y断面図である。

[図8]変形例のターゲット51Cの構成説明図であり、(a)は模式化して表示した斜視図、(b)は、(a)におけるZ-Z断面図である。

[図9]変形例におけるターゲットパネルのビーム照射面11a側の分解構造説明図である。

[図10]変形例におけるターゲットパネルの溶融リチウム注入口、充満溶融リチウム出口の配置構造の説明図である。

[図11]変形例のターゲット5 1 Dの構造説明図であり、(a)は、ターゲット5 1 Dの分解説明図、(b)は、ターゲット材5 4が保持された金属基板5 2 Dの平面図、(c)は、金属基板5 2 Dにおけるエンボス構造の拡大斜視図である。

[図12]変形例のターゲット5 1 Eの構造説明図であり、(a)は、ターゲット5 1 Eの分解説明図、(b)は、ターゲット材5 4が保持された金属基板5 2 Eの平面図である。

[図13]変形例のターゲット5 1 Eの製造工程の説明図であり、(a)は、ターゲット5 1 Eの金属基板5 2 E 0の保持面側X(表側)に、一様に減肉された凹部5 2 cの領域を減肉加工する工程と、金属基板5 2 E 0の保持面と反対側(裏側)に冷却材流路5 2 d用の溝部を形成する冷却材流路加工工程との後に、凹部5 2 cの底面に付着促進層を形成する付着促進層形成工程を行い、その後に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたリチウム合金5 4 aを凹部5 2 cに充填するリチウム合金充填工程の説明図、(b)は、リチウム合金充填工程を完了し、その後に保持面側平滑化工程を行った後の状態説明図、(c)は、エンボス構造加工工程を終了後の状態説明図、(d)は、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたターゲット材5 4を凹部5 2 cに充填するターゲット材充填工程の説明図、(e)は、ターゲット材充填工程を完了し、その後に保持面側平滑化工程を行った後の状態説明図である。

[図14]変形例のターゲット5 1 Fの分解説明図である。

発明を実施するための形態

[0022] 以下に、本発明の実施形態に係る中性子発生装置用のターゲットを適用したホウ素捕獲療法(BNCT: Boron Neutron Capture Therapy)用の中性子発生装置100について図1から図4を参照しながら説明する。

[0023] 図1は、中性子発生装置の全体概要図である。

[0024] 図1に示すように中性子発生装置100は、主に、陽子ビーム発生装置1、陽子ビーム発生装置1で発生させた陽子ビーム6をターゲット部5まで真

空中を導くビーム導管4、陽子ビーム6に照射されてターゲット部5で発生した中性子を所定のエネルギーにまで減速するとともに中性子ビーム9に成形して患者の患部（治療部3）に照射する照射部2を含んで構成されている。

[0025] （陽子ビーム発生装置1）

陽子ビーム発生装置1は、所定量の陽子（水素イオン）を発生させるイオン源1a、陽子を加速する加速器1bを含んでいる。

本実施形態における中性子発生装置100は、BNCT用のものであり、そのターゲット部5は、ターゲット材としてリチウム金属を用い、それに陽子を照射して ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させることとしている。そして、ターゲット材中でおこる ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応の閾値1.889MeV以上で3.0MeV程度までの陽子のエネルギーの範囲で加速器1bにおいて可変に設定可能とする。そして、陽子ビーム6の電流値は、患者への中性子照射の治療時間がそれ程長くない、例えば、30分程度を目標とし、15~20mA程度とする。

[0026] そして、照射部2から患者に照射される中性子ビーム9に対する熱外中性子の目標値は、体表面から2.5cmの深さで、 $2 \times 10^9 \text{ n/cm}^2 \text{ s}$ の中性子束レベルである。

[0027] このような、要求仕様に合致させ、且つ、小型で低コストの陽子ビーム発生装置1は、イオン源1aとしてECR（Electron Cyclotron Resonance）イオン源を用い、加速器1bとしては静電型加速器を用いる。

イオン源1aは、ここでは電子サイクロトロン共鳴減少を利用して水素（ ${}^1\text{H}$ ）のプラズマを生成し、ソレノイドコイル又は永久磁石と六極永久磁石によって水素（ ${}^1\text{H}$ ）プラズマを閉じ込め、水素（ ${}^1\text{H}^+$ ）イオンを生成する。ECRイオン源は、無電極放電のための長時間連続安定運転が可能であり、大強度イオンビームを生成することができるという特徴がある。

[0028] 静電型加速器は、電極間に直流高電圧を印加し、その電極間の電位差により荷電粒子を加速する装置であり、本実施形態では、低エネルギーで連続的なイオンビームを比較的高電流値で出力できる加速器として、例えば、ダイナ

ミトロン (Dynamitron、ベルギー国 I B A 社 (Ion Beam Applications S.A.) の登録商標) を用いる (特表 2012-500454 参照方)。この加速器 1 b では、陽子ビーム 6 の電流値 15 ~ 20 mA が得られる可能性が高い。そして、この加速器 1 b により得られる陽子ビーム 6 のエネルギーは、1.889 MeV 以上で 3.0 MeV 程度までの可能性がある。

[0029] 図 1 において、ビーム導管 4 の照射部 2 の手前側 (図 1 の左側) には、陽子ビーム 6 をターゲット部 5 のターゲット材 5 4 (図 4 参照) に照射するに当たりビーム導管 4 内で陽子ビーム 6 が拡がり、ビーム導管 4 の内壁に衝突して陽子ビーム 6 の強度が低下するのを抑制するためのビーム集束レンズ 7 が設けられている。ビーム集束レンズ 7 としては、一般に四重極電磁石を陽子ビーム 6 の方向に極性を反転させたものを複数個組み合わせて用いる。ビーム導管 4 の先端部には、ターゲット部 5 が取り付けられるコリメータ 10 が設けられ、陽子ビーム 6 の縦方向及び横方向の拡がりを調整する。

コリメータ 10 は、ターゲット部 5 に入射する陽子ビーム 6 を、ターゲット部 5 のターゲット材 5 4 の配置されている領域に照射されるように絞り込む。コリメータ 10 は、内壁は、例えば、円筒形状をしており、その内壁の外側に図示しない水冷ジャケットが配置されて、前記内壁が冷却される。

[0030] また、図 1 において、ビーム導管 4 の陽子ビーム発生装置 1 とビーム集束レンズ 7 の間は、直線になっており、何も配置されていないが、特開 2008-22920 号公報に記載されているように照射部 2 を治療部 3 の患部に対して適切な方向から中性子ビーム 9 を照射することができるように、回転ガントリが配され、その部分には陽子ビーム 6 の方向を曲げる偏向電磁石が複数段配置され、偏向電磁石の後段にはビーム集束レンズ 7 が配される構成としても良い。その場合、陽子ビーム 6 の方向を曲げる部分のビーム導管 4 には、回転シール部が設けられている構成とするのが都合が良い。

[0031] (照射部 2)

照射部 2 は、陽子ビーム 6 の軸方向に沿った外形がほぼ円柱形状をしており、ターゲット部 5 の前方に円柱形状の減速材 2 1 が配され、その周方向及

び後方（陽子ビーム6の入射方向と反対方向）を反射材22が覆っている。ビーム導管4は反射材22の中央に設けられた貫通孔に挿通されている。反射材22の外周には、放射線遮蔽のための円筒状の中性子吸収材23が配されている。

減速材21及び反射材22の前方側（照射側）には、図示しないフィルタが配され、更にその前方に中央に開口が設けられたコリメータ24が配される。

[0032] 減速材21としては、例えば、フッ化マグネシウム (MgF_2) やフッ化アルミニウム (AlF_3) を用い、反射材22としては黒鉛 (C) 又は鉛 (Pb) が考えられる。ちなみに、反射材22として鉛を用いると、照射部2が重くなるというデメリットがあるが、ターゲット部5から生じる γ 線を遮蔽する効果も考えると黒鉛よりも鉛が好ましい。

中性子吸収材23としては、水素等の高速中性子を熱化し、中性子吸収時に γ 線を放出しないような、例えば、ホウ素を含有したポリエチレン樹脂等が考えられる。

[0033] 前記したフィルタは、中性子透過 γ 線遮蔽機能を有する材料で構成され、ターゲット部5における核反応時に生じる γ 線、中性子減速過程で生じる γ 線等、治療に有害な γ 線を抑制し、熱外中子を治療部位に照射できるように透過させるようなフッ化鉛 (PbF_2) ビスマス (Bi) 等を用いる。フッ化鉛とビスマスを比較するとビスマスの方が、中性子透過能力が高く、かつ、 γ 線遮蔽性能が高い材料であるが、ビスマスは非常に高価な材料であることから、価格と必要性能に応じてフッ化鉛とビスマスを使い分ける。

[0034] コリメータ24としては、中性子遮蔽性能が高く、かつ、中性子照射による γ 線発生が低い、フッ化リチウム (LiF) 等を用いる。

[0035] (ターゲット部5)

次に、図2～図6を参照しながらターゲット部5の構成を説明する。図2は、ターゲット部の概要図である。

図2及び図3に示すようにターゲット部5は、2枚のターゲットパネル1

1 A, 1 1 Bを、その先端側（陽子ビーム6の入射方向側）の先端面1 1 bを合わせるようにV字形に陽子ビーム6の軸線に対して傾斜させて、例えば、30度傾斜させて、ビーム導管4の先端部に設けられたコリメータ10の先端フランジ部10 aに電気絶縁のための絶縁部材1 1 3を介在させて取り付けられる。更に図2における左右から側板1 2 L, 1 2 Rをターゲットパネル1 1 A, 1 1 Bの左右のパネル側面1 1 c L, 1 1 c Rに電気絶縁のための絶縁部材1 2 4を介在させて水密に組み付けるとともに、先端フランジ部10 aに当接する。

そして、図2では省略してあるがその外側から有底の円筒形状のケーシングが、先端フランジ部10 aに、ケーシング内が気密状態するようにシール部材を介在させて、例えば、ネジ固定により組み付けられる（特許文献3のFig. 5参照）。

[0036] また、先端面1 1 b, 1 1 bには、仮想線（二点鎖線）で示したように陽子ビーム6が通過しないようにビームストップ部材1 1 2が、例えば、ネジ固定で固定される。ビームストップ部材1 1 2は、陽子ビーム6が先端面1 1 b, 1 1 bとの隙間に照射された場合に陽子ビーム6をストップさせてケーシングを照射しないようにするための構造である。ビームストップ部材1 1 2としては、例えば、低炭素鋼が用いられる。

[0037] 図2におけるターゲットパネル1 1 A, 1 1 Bの左側面に冷却材流路孔1 1 7 L, 1 1 7 Lが設けられており、ターゲットパネル1 1 A, 1 1 Bの右側面にも図示しないが冷却材流路孔1 1 7 R, 1 1 7 Rが設けられている。

冷却材流路孔1 1 7 L, 1 1 7 Lは、側板1 2 Lの上下2箇所の冷却材流路孔1 2 1 L, 1 2 1 Lと対応するようになっているとともに、図示しない水密シール材が配されて冷却材が漏れない構成とされて、冷却材連通孔1 2 2 Lで上面の冷却材流路孔1 2 3 Lにつながる。

[0038] 前記した図示しないケーシング内で、冷却材流路孔1 2 3 Lと先端フランジ部10 aに設けられた第1の冷却材流路孔（図示せず）とが、第1の冷却材パイプ（図示せず）により接続される。その第1の冷却材パイプは、例え

ば、中性子照射に耐性のある樹脂管とその両端に、水密構造の金属コネクタを有した配管である。第1の冷却材パイプの一方側の金属コネクタは、第1の冷却材流路孔に接続されて、コリメータ10の冷却材流路を用いて冷却材を流通させるようにする（特許文献3のFig. 5参照）。そして、第1の冷却材パイプの他方側の金属コネクタは、冷却材流路孔123Lに接続される。

[0039] 同様に、冷却材流路孔117R, 117R（図2に図示せず）は、側板12Rの上下2箇所の冷却材流路孔121R, 121Rと対応するようになっているとともに図示しない水密シール材が配されて冷却材が漏れない構成とされており、冷却材連通孔122Rで上面の冷却材流路孔123Rにつながる。

前記した図示しないケーシング内で、冷却材流路孔123Rと先端フランジ部10aに設けられた第2の冷却材流路孔（図示せず）とが、第2の冷却材パイプ（図示せず）により接続される。その第2の冷却材パイプは、第1の冷却パイプと同一構成である。第2の冷却材パイプの一方側の金属コネクタは、第2の冷却材流路孔に接続されて、コリメータ10の冷却材流路を用いて冷却材を流通させるようにする（特許文献3のFig. 5参照）。そして、第2の冷却材パイプの他方側の金属コネクタは、冷却材流路孔123Rに接続される。こうして、第1及び第2の冷却パイプの一方が、ターゲットパネル11A, 11Bに冷却材供給をし、第1及び第2の冷却パイプの他方が、ターゲットパネル11A, 11Bから排出される冷却材を、コリメータ10の冷却通路を介して排出する。

ここで、冷却材としては、例えば、純水を用いる。

[0040] 図3は、ターゲットパネルの取り付け構造の説明図である。図4は、ターゲットパネル11Aのビーム照射面11a側の分解構造説明図である。図3においては図2におけるターゲットパネル11Aを例に説明しているが、ターゲットパネル11Bの取り付け構造も同じである。

先端フランジ部10aの先端面に設けられた雌ネジ孔（図示せず）に取り

付けボルト17を、挿通孔115を通して、電気絶縁用の絶縁ピース18を介してネジ締めして、事前にターゲットパネル11A、11Bと側板12L、12Rが組み立てられたものが先端フランジ部10aに取り付けられる。絶縁ピース18により取り付けボルト17は、ターゲットパネル11A、11Bと接触することは無い。

[0041] 図3においては、本来ターゲットパネル11A、11Bを取り付ける前に、ターゲット51Aは、ターゲットパネル11A、11Bの陽子ビーム6が照射される側（表側）の面であるビーム照射面11aに固定されているものであるが、分かり易いように分けて示してある。ところで、図5の説明の中で後記するようにターゲット51Aは、金属基板52A、ターゲット材54（図4、図5参照）、密封金属薄膜53、裏板55から構成されている。そして、裏板55は、ターゲットパネル11A、11Bの一部である（図4参照）。ちなみに、ターゲットパネル11A、11Bの部材としては、炭素鋼、銅が考えられる。

密封金属薄膜53の構成部材の種類は、ターゲット材54の酸化等の化学反応を防止でき、又ターゲット材54により腐食され難い材質であるとともに、陽子ビーム6の損失や陽子ビーム6による発熱の少ないという要請から、陽子ビーム6を通過させやすい構成部材の種類を選ぶことが好適である。密封金属薄膜53の具体的な構成部材の例としては、ステンレス鋼薄板、チタン薄板、チタン合金薄板、ベリリウム薄板、ベリリウム合金薄板のいずれかが適当である。ここでは、密封金属薄膜53の例として、製造コストの安い観点から、厚さが4 μ mのステンレスフォイルとするが、チタン合金薄板を用いる場合は、厚さを5 μ m、ベリリウム合金薄板を用いる場合は、厚さを10 μ mとすることが好ましい。

[0042] 金属基板52Aの裏面には、図3、図4、図5に示すように溝を切って構成された冷却材流路52dを有し、金属基板52Aの裏面が図4に示すようにターゲットパネル11Aのビーム照射面11aの裏板55に接合される。裏板55は、ビーム照射面11aの表面より少し段差をつけて凹部として設

けられている。図4では、ターゲットパネル11Aを裏側から見ているので左右が逆になっているが、裏板55の左右近傍には冷却材を冷却材流路52dに供給又は冷却材流路52dから集合させるマニフォールド116L, 116Rが表側に向けてへこませて設けられている。マニフォールド116Lに開口する冷却材流路孔116Laは、冷却材流路孔117Lに通じている。同様にマニフォールド116Rに開口している冷却材流路孔116Raは、冷却材流路孔117Rに通じている。

この構造は、ターゲットパネル11Bについても同様であり、ただ左右を示す符号が図4と逆になるだけであり、形状としては全く同一である。

[0043] 図5は、ターゲットの分解説明図である。図5では、裏板55を単純化して模式的に平板形状で示してあるが、図4で示したようにターゲットパネル11A(11B)の裏板55のようにマニフォールド116L, 116Rの部分が下に窪んだ条溝である。

図5に示すようにほぼ矩形板形状の金属基板52Aの表面側(図5において「保持面X」と表示)には、外周側に縁枠部52aが設けられ、縁枠部52aで囲まれた内側において図6(a)における左右方向及び前後方向に規則的に離散的に配置された島部52bを残して減肉された凹部52cの領域となっている。縁枠部52aの表面高さと島部52bの表面高さが同じであり凹部52cとの段差は、ターゲット材であるリチウム金属(Li)の厚さと同じ、例えば、50 μ mである。この島部52bを残した凹部52cの形成は、いわゆる「エンボス構造」を構成している。このような加工は、例えば、フライス加工で行えるが、放電加工、薬品によるエッチング加工によっても行える。

[0044] 金属基板52Aの裏面側(保持面側Xの逆側)には、溝入れ加工で冷却材流路52dを形成し、残った部分が冷却フィン52eとなる。

そして、この凹部52cに金属リチウムが充填され、その後に、図4に示す裏板55上に金属基板52Aの裏面を対向させて載せ、更に金属基板52Aの保持面側Xの面に密封金属薄膜53を載せて、HIP加工により密封金

属薄膜53を縁枠部52aの表面及び島部52bの表面に接合するとともに、金属基板52Aの裏面と裏板55とを同時に接合する。

[0045] ここで、ターゲット材であるリチウム金属(Li)の厚さは、 $50\mu\text{m}$ としたが、陽子ビーム6の照射方向に対して 30° 傾けてターゲットパネル11A、11Bが設定されていることから、陽子ビーム6のターゲット材54の通過距離は、約 $110\mu\text{m}$ となり、十分な厚さである。例えば、 2.8MeV のエネルギーの陽子ビーム6がリチウム金属(ターゲット材54)をこの距離を通過する間に 1.889MeV 未満にまで下がり、その後陽子は、金属基板52Aを通過することになるので、照射された陽子がリチウムと非弾性散乱を生じて γ 線を放出させることを抑制できる。

[0046] 金属基板52Aとしては、低炭素鋼(Fe)又はタンタル(Ta)が好ましく、その凹部52cの底面から冷却材流路52dの溝底までの厚さは、ターゲット材54に入射した陽子ビーム6がターゲット材54を通過した残りの陽子を全て阻止できる厚さとする。

鉄は、陽子の衝突の結果引き起こされる格子欠陥による膨れ現象(ブリストリング)や水素脆化に対する耐性がタンタル(Ta)同様に良好であるのに加え、低価格な材料である。ターゲットパネル11A、11Bの素材としては、銅(Cu)がその熱伝導性から好ましいが、金属基板52AとHIP(Hot Isostatic Pressing : 熱間静水圧プレス)接合による接合を考えると炭素鋼としても良い。

[0047] (ターゲット51Aの製造方法)

次に図6を参照しながらターゲット51Aの製造方法について説明する。図6は、ターゲット51Aの製造工程の説明図であり、(a)は、ターゲット51Aの金属基板52Aの保持面側X(表側)に、エンボス構造を形成するエンボス構造加工工程と、金属基板の保持面と反対側(裏側)に冷却材流路52d用の溝部を形成する冷却材流路加工工程との後に、凹部52cの底面に付着促進層を形成する付着促進層形成工程を行い、その後に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたターゲット材を凹部52cに充填するタ

ターゲット材充填工程の説明図、(b)は、ターゲット材充填工程完了後の状態説明図、(c)は、保持面側平滑化工程を終了後の状態説明図、(d)は、ターゲット材充填工程後の、密封金属薄膜53と金属基板52Aと裏板55とをHIP接合した接合工程完了後の状態説明図である。

[0048] ターゲット51Aは、次のように製作される。

(1) 冷却材流路形成加工工程

金属基板52Aの元になる矩形状の低炭素鋼又はタantalの板材に対して、その1面側(裏側(図6(a)における下側面に対応))にフライス加工等によって冷却材流路52dを形成するために溝を多数加工し、冷却フィン52eを設ける(図6(a)参照)。

[0049] (2) エンボス構造加工工程

金属基板52Aの表側(図6(a)における上側面に対応)に、縁枠部52aと、縁枠部52aで囲まれた内側に、図6(a)における左右方向及び前後方向に規則的に離散的に配置された複数の島部52bとを残して凹部52cを所定の深さの減肉加工、例えば、ターゲット材であるリチウム金属(Li)の厚さと同じ、50 μ mの減肉加工を、例えば、フライス加工で行う。

[0050] (3) 付着促進層形成工程

エンボス構造加工工程の次に、凹部52cの底部に銅、アルミニウム、マグネシウム、又は亜鉛の極薄層(付着促進層)を、例えば、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスにより形成し、その厚さは、例えば、0.05 μ mとする。これは、ターゲット材54であるリチウムと金属基板と52Aとの付着性(ぬれ性)を良くするための加工である。この際、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスの前に縁枠部52aと島部52bの図6(a)における上側の表面には、銅の極薄層を形成しないようにマスキング処理をし、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセス後にマスキングを剥がす。

[0051] (4) ターゲット材充填工程

次に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、坩堝61に入っているターゲ

ット材54であるリチウム金属の溶湯を凹部52cに流し込む(図6(a), (b)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H₂O)を含んでいるので、溶融したリチウム金属が酸化されるので、真空中で充填する方が好ましい。

[0052] (5) 保持面側平滑化工程

次に、(4)ターゲット材充填工程において凹部52cに充填したターゲット材54であるリチウム金属は、アルゴンガス中又は真空中でそのまま凝固させるが、図6(b)に示すように、縁枠部52a及び島部52bの表面にもリチウム金属が付着し、更に、縁枠部52a及び島部52bの表面よりも盛り上がっている。

そこで、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、これを縁枠部52a及び島部52bの表面の高さまで、例えば、フライス加工により削り取り、リチウム金属の粉末もアルゴンガスのブロー等によって除去する。その結果、縁枠部52a及び島部52bの表面が清浄な状態で露出し、凹部52cにのみリチウム金属が充填された状態となる(図6(c)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H₂O)を含んでいるので、溶融したリチウム金属が酸化されるので、真空中で研削する方が好ましい。

[0053] (6) 接合工程

次に、アルゴンガス雰囲気中で、ターゲットパネル11A(又は、ターゲットパネル11B)の裏板55(図6(d)では、模式的に説明のため裏板55を矩形状の平板で表示)を水平となるようにして、金属基板52Aの裏側を下にし、裏板55の上に載せ、次に、金属基板52Aの保持面側X(図5参照)の面上に密封金属薄膜53を載せる。

そしてHIP接合時に密封金属薄膜53と接合しない、且つ、密封金属薄膜53と対向する下面が平坦な当て部材を密封金属薄膜53の上に載せる。当て部材としては、例えば、セラミックが考えられる。

この当て部材は、重量的に適度な重量を有し、HIP接合を開始する前に密封金属薄膜53と金属基板52Aの保持面側Xの面との間のアルゴンガス

を排除するとともに、HIP接合時に、密封金属薄膜53が平坦に金属基板52Aの保持面側Xの面に当接したままの状態を保ち、リチウム金属が溶けて、密封金属薄膜53が凹部52cに沈み込まないようにするためのものである。

[0054] その後、HIP接合を行う。ちなみに、この接合工程によれば、密封金属薄膜53と、金属基板52Aの縁枠部52a及び島部52bの表面とを接合するとともに、金属基板52Aと裏板55とを同時に接合できる。

このとき、金属基板52Aの冷却フィン52eの下面と裏板55とが接合されるだけでなく、金属基板52Aの四周の側面部もターゲットパネル11A（又は、ターゲットパネル11B）のビーム照射面11aの裏板55を形成する縁部とも同時に接合されるので、ターゲットパネル11A（又は、ターゲットパネル11B）のビーム照射面11a側は、マニフォールド116L、116Rが水密構造に密閉接合される。

これにより、密封金属薄膜53と金属基板52Aの縁枠部52a及び島部52bの表面との接合と、金属基板52Aと裏板55との接合と、を個別に行うよりも加工工程を省くことができる。

以上により、ターゲット51Aが完成する。

[0055] 図7は、比較例のターゲット51Bの構造説明図であり、(a)は、ターゲット51Bの斜視図、(b)は、(a)におけるY-Y断面図である。

比較例のターゲット51Bは、金属基板52Bの表面側において、外周側に縁枠部52aが設けられ、縁枠部52aで囲まれた内側に一様に減肉された凹部52cの領域が設けられており、このエンボス構造を持っていない凹部52cに、ターゲット材54の純リチウム金属が密封された構造を有している。

本実施形態のターゲット51Aによれば、陽子ビーム6が入射する保持面側Xの金属基板52A上の密封金属薄膜53が、金属基板52Aの縁枠部52a及び島部52bの表面と接合されているので、比較例に示したように金属基板52Bの陽子ビーム6が入射する保持面側Xにエンボス構造を持って

いない場合に較べて、ターゲット材 5 4 のリチウム金属が陽子ビーム 6 で加熱されて溶融状態になっても、密封金属薄膜 5 3 の熱膨張による膨らみが抑制され、溶融したリチウム金属の縁枠部 5 2 a の内部の平面の一方側に重力により偏りが発生するのを抑制できる。

[0056] また、本実施形態では、陽子ビーム 6 は、コリメータ 1 0 でターゲットパネル 1 1 A, 1 1 B のターゲット材 5 4 に均等に当たるように、陽子ビーム 6 を整形しているため、ターゲット 5 1 A の密封金属薄膜 5 3 の一部にのみスポット状に陽子ビーム 6 が照射されることが防止され、密封金属薄膜 5 3 の過熱による破損が防止される。その結果、密封金属薄膜 5 3 の照射劣化により寿命に達するまでの時間が長くなり、ターゲット 5 1 A の寿命が長くなる。

これに対し、比較例では、コリメータ 1 0 を通して、ターゲット 5 1 B のターゲット材 5 4 に均等に陽子ビーム 6 を照射しても、溶融したリチウム金属が縁枠部 5 2 a の内部の平面の一方側に重力により偏りが発生する。その結果、密封金属薄膜 5 3 の裏側に溶融したリチウム金属が接していない部分が発生し、その部分は溶融したリチウム金属を通して冷却されることが無く、過熱により密封金属薄膜 5 3 が破損するまでの時間が短くなり、ターゲット 5 1 B の寿命が短くなる。

それに対し、本実施形態のターゲット 5 1 A によれば、そういうことがないので、比較例のターゲット 5 1 B よりも寿命が長くなり、ホウ素捕獲療法における患者一人当たりの費用の低減にも役立つ。

[0057] また、ターゲット材 5 4 のリチウム金属の厚さを $50\ \mu\text{m}$ と薄くしているため、陽子ビーム 6 が、リチウムとの非弾性散乱によってそのエネルギーをリチウム金属内で失うことが抑制され、非弾性散乱 γ 線の発生を低減することができる。その結果、照射部 2 の γ 線遮蔽の構造重量を少なく軽くすることができ、照射部 2 を小型化できる。

更に、ターゲット材 5 4 のリチウム金属を溶融状態で照射部 2 のターゲット部 5 に循環して使用する場合は、その循環配管構造が複雑となるとともに

、照射部2の外に配管される循環配管の γ 線遮蔽構造が必要になるのに対し、本実施形態ではその必要が無くコンパクトなターゲット部5の構成とできる。

[0058] ちなみに、金属基板52Aは、低炭素鋼又はタンタルとしているので金属基板52Aを銅(Cu)とした場合よりも陽子(水素)の吸収による膨れ現象(ブリストリング)が抑制され、ターゲット51Aの寿命が長くなり、ホウ素捕獲療法における患者一人当たりの費用の低減にも役立つ。

[0059] なお、本実施形態におけるターゲット51Aの金属基板52Aのエンボス構造の形成に当たっては、エンボス構造は、規則的な構造又は不規則な構造のいずれでもよく、減肉された凹部及び残される島部の形状は、直線又は曲線のいずれで構成される形状でもよい。図4～図6においては、金属基板表面上に矩形形状の島部が前後方向及び左右方向に等間隔で配列するように、平面視で格子縞の形状に減肉された凹部が形成された形態を示し、図6(a)において島部52bを左右に隣接する前後方向の列で、同一前後位置に配置する「格子状」とも言うような配置としたがそれに限定されるものではない。島部52bを左右に隣接する前後方向の列で、同一前後位置とせず、ずらした「千鳥状」とも言うような配置としても良い。

[0060] 《実施形態の変形例1》

次に、図8を参照しながら本実施形態におけるターゲット51Aとその製造方法の異なるターゲット51Cの構成とその製造方法について説明する。図8は、変形例のターゲット51Cの構成説明図であり、(a)は模式化して表示した斜視図、(b)は、(a)におけるZ-Z断面図である。図9は、変形例におけるターゲットパネルのビーム照射面11a側の分解構造説明図である。図10は、変形例におけるターゲットパネルの溶融リチウム注入口、充満溶融リチウム出口の配置構造の説明図である。ターゲット51Aと同じ構成については同じ符号を付し、重複する説明を省略する。

[0061] ターゲット51Cは、図8に示すように模式的に金属基板52Cを平板状に示し、金属基板52Cの保持面X側に密封金属薄膜53が接合され、金属

基板 5 2 C の保持面 X の反対側に裏板 5 5 が接合されている。ターゲット 5 1 C が、ターゲット 5 1 A と異なる点は、(1) 図 8 に示すように金属基板 5 2 C の保持面 X 側の対角隅部近傍の 2 箇所には島部 5 2 b のないやや広い矩形平面の凹部 5 2 c 1, 5 2 c 2 を有している点と、(2) 凹部 5 2 c 1 に連通する注入通路 6 3 を有して金属基板 5 2 C の保持面 X の反対側に、例えば、円筒形状の突出部を有し、その突出部の端面に注入通路 6 3 が開口している貫通部 5 2 f 1 と、凹部 5 2 c 2 に連通する注入通路 6 4 を有して金属基板 5 2 C の保持面 X の反対側に、円筒形状の突出部を有し、その突出部の端面に注入通路 6 4 が開口している貫通部 5 2 f 2 と、を有している点である。

[0062] 金属基板 5 2 C の貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 は、図 9 及び図 10 に示すようにマニフォールド 1 1 6 L, 1 1 6 R を左右内側に避けた位置の裏板 5 5 の平坦面に貫通させた貫通孔 1 2 0 A, 1 2 0 B に挿通されて裏板 5 5 (ターゲットパネル 1 1 A) の保持面 X の反対側の面と面一に構成され、注入通路 6 3, 6 4 がターゲットパネル 1 1 A の保持面 X の反対側の面に開口している。

ターゲットパネル 1 1 B についても同様の構成である。

[0063] ターゲット 5 1 C では、後記する溶融リチウム金属を注入するターゲット材充填工程においては、注入通路 6 3 には、図 8 (b) に示すように仮想線 (二点鎖線) で示した溶融リチウム注入配管 6 5 が接続され、注入通路 6 4 には、仮想線 (二点鎖線) で示した充満した溶融リチウム出口配管 6 6 が接続される。

そして、例えば、溶融リチウム金属の充填が完了して凝固した後に、溶融リチウム注入配管 6 5、溶融リチウム出口配管 6 6 は切削切断されて、注入通路 6 3, 6 4 内の凝固したリチウム金属を除去して、貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 の注入通路 6 3, 6 4 は、図示しない蓋により密封溶接される。

[0064] ターゲット 5 1 C は、次のように製作される。

(1) 冷却材流路形成加工工程

金属基板 5 2 C の元になる矩形状の低炭素鋼又はタantalの板材に対して、その 1 面側（裏側（図 1 0 における上側面に対応））にフライス加工等によって冷却材流路 5 2 d を形成するために溝を多数加工し、冷却フィン 5 2 e を設ける（図 1 0 参照）。

（2）注入通路穿孔加工工程

その後、図 1 0 における金属基板 5 2 C の右下隅近傍及び左上隅近傍に注入通路 6 3, 6 4 の孔を穿孔する。

[0065] （3）エンボス構造加工工程

金属基板 5 2 C の表側（図 9 における上側面に対応）に、縁枠部 5 2 a と、縁枠部 5 2 a で囲まれた内側に、図 9 における左右方向及び前後方向に規則的に離散的に配置された複数の島部 5 2 b とを残して凹部 5 2 c を所定の深さの減肉加工、例えば、ターゲット材であるリチウム金属（Li）の厚さと同じ、50 μ m の減肉加工を、例えば、フライス加工で行う。このとき、図 9 における左下隅近傍に 50 μ m の減肉加工の凹部 5 2 c 1 を、図 9 における下側の縁枠部 5 2 a 側に突出する形に形成するとともに、図 9 における右上隅近傍に 50 μ m の減肉加工の凹部 5 2 c 2 を、図 9 における上側の縁枠部 5 2 a 側に突出する形に形成する。

この結果、図 9 に示すように凹部 5 2 c 1, 5 2 c 2 の底面には、それぞれ注入通路穿孔加工工程で穿孔した注入通路 6 3, 6 4 の孔が開口している。

[0066] （4）貫通部接合工程

次いで、図 1 0 に示すように金属基板 5 2 C の注入通路 6 3, 6 4 の孔にそれぞれ連通する注入通路 6 3, 6 4 の孔を有した円筒形状の貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 を溶接する。

[0067] （5）接合工程

次に、アルゴンガス雰囲気中で、ターゲットパネル 1 1 A（又は、ターゲットパネル 1 1 B）の裏板 5 5（図 8 では、模式的に説明のため裏板 5 5 を矩形状の平板で表示）を水平となるようにして、金属基板 5 2 C の裏側を下

にし、裏板 5 5 の上に載せ、次に、金属基板 5 2 C の保持面側 X (図 8 (a) 参照) の面上に密封金属薄膜 5 3 を載せる。

このとき、貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 は、それぞれターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) の裏板 5 5 (図 9、図 10 参照) の貫通孔 1 2 0 A, 1 2 0 B に挿通されて、貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 の端面がターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) の裏板 5 5 の保持面 X 側と反対側の面で面一となっている。

[0068] そして、HIP 接合時に密封金属薄膜 5 3 と接合しない、且つ、密封金属薄膜 5 3 と対向する下面が平坦な当て部材を密封金属薄膜 5 3 の上に載せる。当て部材としては、例えば、セラミックが考えられる。

この当て部材は、重量的に適度な重量を有し、HIP 接合を開始する前に密封金属薄膜 5 3 と金属基板 5 2 C の保持面側 X の面との間のアルゴンガスを排除するとともに、HIP 接合時に、密封金属薄膜 5 3 が平坦に金属基板 5 2 C の保持面側 X の面に当接したままの状態を保ち、密封金属薄膜 5 3 が凹部 5 2 c, 5 2 c 1, 5 2 c 2 に沈み込まないようにするためのものである。

[0069] その後、HIP 接合を行う。ちなみに、この接合工程によれば、密封金属薄膜 5 3 と、金属基板 5 2 C の縁枠部 5 2 a 及び島部 5 2 b の表面とを接合するとともに、金属基板 5 2 C と裏板 5 5 とを同時に接合できる。

このとき、金属基板 5 2 C の冷却フィン 5 2 e の下面と裏板 5 5 とが接合されるだけでなく、貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 と裏板 5 5 の貫通孔 1 2 0 A, 1 2 0 B とも接合される。更に、金属基板 5 2 C の四周の側面部もターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) のビーム照射面 1 1 a の裏板 5 5 を形成する縁部とも同時に接合されるので、ターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) のビーム照射面 1 1 a 側は、マニフォルド 1 1 6 L, 1 1 6 R が水密構造に密閉接合される。

これにより、密封金属薄膜 5 3 と金属基板 5 2 C の縁枠部 5 2 a 及び島部 5 2 b の表面との接合と、金属基板 5 2 C と裏板 5 5 との接合と、を個別に

行うよりも加工工程を省くことができる。

[0070] (6) ターゲット材充填工程

次に、ターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) の裏板 5 5 の保持面 X 側と反対側に露出した貫通部 5 2 f 1, 5 2 f 2 の端面に、それぞれ熔融リチウム注入配管 6 5 の一端側を溶接するとともに、熔融リチウム出口配管 6 6 の一端側を溶接する。そして、熔融リチウム出口配管 6 6 の他端側を、油拡散ポンプ等の真空ポンプに接続し、熔融リチウム注入配管 6 5 の他端側を熔融リチウム金属供給側に接続する。

このとき、ターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) は、誘導加熱等の加熱手段、切削装置、溶接装置等を有した、密封容器内に設置することが好ましい。

[0071] その後、図 8 (b) に示すように熔融リチウム出口配管 6 6 側を上にし、熔融リチウム注入配管 6 5 側を下にするように配置して、真空ポンプを運転して、熔融リチウム注入配管 6 5、裏板 5 5 と密封金属薄膜 5 3 との間に形成された凹部 5 2 c, 5 2 c 1, 5 2 c 2 の空間、熔融リチウム出口配管 6 6 内を真空引きする。また、ターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) を、誘導加熱等の方法により 2 0 0 °C 以上に、例えば、4 0 0 ~ 5 0 0 °C の第 1 の所定の温度に加熱する。ターゲットパネル 1 1 A (又は、ターゲットパネル 1 1 B) には、図示しない温度センサが複数取り付けられており、第 1 の所定の温度に加熱が完了したことを温度センサの信号で確認して、真空中で予め 2 0 0 °C 以上に加熱したターゲット材 5 4 である熔融リチウム金属を、熔融リチウム注入配管 6 5 を介して、凹部 5 2 c, 5 2 c 1, 5 2 c 2 の空間を満たすように注入する。

[0072] 熔融リチウム金属が十分凹部 5 2 c, 5 2 c 1, 5 2 c 2 の空間を満たすように注入されたことの確認は、例えば、X 線で熔融リチウム出口配管 6 6 の熔融リチウム金属の液面を監視することで容易に確認できる。

十分に凹部 5 2 c, 5 2 c 1, 5 2 c 2 の空間を熔融リチウム金属で満たすように注入した後は、熔融リチウム金属の供給側を閉じ、所定の時間、金

属基板 5 2 C 及び密封金属薄膜 5 3 と、熔融リチウム金属とが濡れあって十分に接触するまでターゲットパネル 1 1 A（又は、ターゲットパネル 1 1 B）の温度を、200℃以上の、例えば、200～300℃の第 2 の所定の温度に所定の時間（保持時間）保持する。この、第 2 の所定の温度及び保持時間は、予め実験的に定める。

[0073] ここで、前記した第 1 の所定の温度は、高くても、熔融リチウム金属が、裏板 5 5 及び密封金属薄膜 5 3 を侵食することの無い温度であり、予め実験的に定める。ちなみに、第 1 の所定の温度が第 2 の所定の温度と同じ温度であっても良い。

[0074] （7）ターゲット材注入通路閉塞加工工程

次に、熔融リチウム金属を充填した後の注入通路 6 3，6 4 の閉塞加工工程について説明する。

保持時間経過後、凹部 5 2 c，5 2 c 1，5 2 c 2 の空間を熔融リチウム金属が満たした状態のまま徐々に冷却して、凹部 5 2 c，5 2 c 1，5 2 c 2 の空間が固体のリチウム金属が充填された状態となる。ターゲットパネル 1 1 A（又は、ターゲットパネル 1 1 B）に取り付けられた温度センサにより十分冷却が完了したことを確認後、熔融リチウム出口配管 6 6 を閉じて真空ポンプを停止し、ターゲットパネル 1 1 A（又は、ターゲットパネル 1 1 B）を設置した前記密封容器をアルゴンガス雰囲気又は真空状態とする。

そして、熔融リチウム注入配管 6 5 及び熔融リチウム出口配管 6 6 を前記した切削工具で切断し、貫通部 5 2 f 1 の注入通路 6 3 及び貫通部 5 2 f 2 の注入通路 6 4 内のリチウム金属を切削除去する。予め前記密封容器内に用意しておいた図示しない金属基板 5 2 C と同一部材製の蓋（図示せず）を貫通部 5 2 f 1，5 2 f 2 の注入通路 6 3，6 4 に嵌め込み、レーザ溶接や電子線溶接等で密封溶接する。

以上により、ターゲット 5 1 C が完成する。

[0075] なお、本変形例において、（6）のターゲット材充填工程における前記した保持時間を短縮するために、（3）のエンボス構造加工工程の後であり、

且つ（５）の接合工程の前に、実施形態のターゲット５１Ａの製作における（３）の「付着促進層形成工程」を含めるようにしても良い。

また、本変形例において、（７）のターゲット材注入通路閉塞加工工程において、溶融リチウム出口配管６６及び溶融リチウム出口配管６６を切削切断して注入通路６３，６４に蓋をすることとしたが、それに限定されるものではない。溶融リチウム金属又は固体リチウム金属が溶融リチウム出口配管６６及び溶融リチウム出口配管６６内に充満している状態で、圧接して封印溶接しても良い。

[0076] また、本変形例では、金属基板５２Ｃに貫通部５２ｆ１，５２ｆ２を設ける構成としたがそれに限定されることは無く、貫通部５２ｆ１，５２ｆ２は設けず、金属基板５２Ｃの注入通路６３，６４の孔の縁部と裏板５５の貫通孔１２０Ａ，１２０Ｂの縁部とがＨＩＰ接合され、貫通孔１２０Ａ，１２０Ｂがそれぞれ注入通路６３，６４の一部を構成するようにしても良い。

[0077] 本変形例によれば、前記した実施形態における効果の他に、実施形態においては、充填済みのターゲット材５４がＨＩＰ接合の際に溶融して、高温となり、金属基板５２Ａや密封金属薄膜５３を侵食する可能性を防止できるという効果がある。その結果、本変形例のターゲット５１Ｃは、実施形態のターゲット５１Ａよりもより長寿命にすることができる。

[0078] 《実施形態の変形例２》

次に、図１１を参照しながら本実施形態におけるターゲット５１Ａとエンボス構造の異なるターゲット５１Ｄの構成とその製造方法について説明する。図１１は、変形例のターゲット５１Ｄの構造説明図であり、（ａ）は、ターゲット５１Ｄの分解説明図、（ｂ）は、ターゲット材５４が保持された金属基板５２Ｄの平面図であり、（ｃ）は、金属基板５２Ｄにおけるエンボス構造の拡大斜視図である。ターゲット５１Ａと同じ構成については同じ符号を付し、重複する説明を省略する。

[0079] ターゲット５１Ｄは、金属基板５２Ｄ、ターゲット材５４、密封金属薄膜５３、裏板５５から構成されている。裏板５５は、図１１（ａ）では単純化

して模式的に平板形状で示してあるが、ターゲット51Aにおいてと同様、ターゲットパネル11A、11Bの一部であり、図4で示したようにターゲットパネル11A(11B)の裏板55のようにマニフォールド116L、116Rの部分が下に窪んだ条溝である。

[0080] 図11(a)に示すように、金属基板52Dは、ほぼ矩形板形状で、その表面側(図11(a)において上側)には、外周側に縁枠部52aが設けられている。金属基板52Dは、縁枠部52aで囲まれた内側において、左右方向及び前後方向に規則的に離散的に配置された島部52bを残して減肉された凹部52cの領域を有しており、この凹部52cにターゲット材54が保持された構造となっている。ターゲット51Dが、ターゲット51Aと異なる点は、金属基板52Dの保持面に形成されるエンボス構造の形状である。

[0081] 図11(b)に示すように、金属基板52Dのエンボス構造は、六方配置となるように等間隔に配置された複数の円形状の凹部と、それらを互いに連通する凹部とが、複数の島部52bを残すように規則的に配列した形状を有している。そして、規則的に配列した凹部には、ターゲット材54が保持されている。図11(c)は、ターゲット材54が充填されていない状態のエンボス構造の一部分の拡大斜視図である。金属基板52Dには、平面視で円形状に減肉された円形凹部52c3と、隣接する円形凹部52c3との間を連通するように減肉された矩形形状の連通凹部52c4との繰り返しからなる凹部52cが、略六角柱状の島部52bをハニカム構造の頂点位置に残すように形成されている。

[0082] 金属基板52Dの材質としては、低炭素鋼(Fe)又はタンタル(Ta)が好ましく、このようなエンボス構造の加工は、例えば、フライス加工で行えるが、放電加工、薬品によるエッチング加工によっても行える。

[0083] 円形凹部52c3と連通凹部52c4は、それぞれ同じ深さとなるように形成することができ、縁枠部52aの表面高さと島部52bの表面高さが同じであり凹部52cとの段差は、ターゲット材であるリチウム金属(Li)

の厚さと同じ、例えば、 $50\mu\text{m}$ である。

円形凹部52c3と連通凹部52c4が形成する凹部52cは、所定の面積の島部52bが離散して残されるように、金属基板52Dの縁枠部52aの内側面積における面積率が70%以上の範囲になるように形成することが好ましい。このような面積率で形成することにより、密封金属薄膜と接合される島部の表面積を確保しつつ、ターゲット材の反応断面積の縮小を避けることができる。

[0084] 円形凹部52c3は、略円形状で大きさが同一又は異なる複数の円形状が規則的に配列するように形成し、例えば、円形凹部52c3の中心が六方配置となるように等間隔に形成することができる。図11(c)において、Rは円形凹部52c3の半径、Dは各円形凹部52c3の中心間の距離を示す。円形凹部52c3の半径Rは、特に制限されるものではないが、 $1\text{mm}\sim 5\text{mm}$ 、好ましくは 2mm とすることができる。各円形凹部52c3の中心間の距離Dは、特に制限されるものではないが、 $R+1\text{mm}\sim R+3\text{mm}$ 、好ましくは $R+1\text{mm}$ とすることができる。

また、連通凹部52c4は、各円形凹部52c3を連通する直線状の溝とすることが好ましく、例えば、各円形凹部52c3の中心を結ぶ線に軸線が一致するように中心間の最短距離で連通する配置とし、平面視で略矩形状となるように設けることができる。図11(c)において、L1は連通凹部52c4の幅、L2は連通凹部52c4の長さを示す。連通凹部52c4の幅L1は、特に制限されるものではないが、円形凹部52c3の半径の $1/5\sim 1/2$ 、好ましくは $1/2$ とすることができる。

半径 2mm の円形凹部52c3を 5mm 間隔で六方配置し、 1mm 四方の連通凹部52c4で隣接する円形凹部52c3を連通すると、金属基板52Dの縁枠部52aの内側面積における面積率は約72%確保される。

凹部52cの底面から冷却材流路52dの溝底までの厚さは、ターゲット材54に入射した陽子ビーム6がターゲット材54を通過した残りの陽子を全て阻止できる厚さとする。

[0085] 図11(a)に示すように、ターゲット51Dは、金属基板52Dの裏面側には、ターゲット51Aにおいてと同様、溝入れ加工で冷却材流路52dが形成され、残った部分が冷却フィン52eを構成している。

凹部52cに金属リチウムが充填され、その後に、裏板55上に金属基板52Dの裏面が対向するように載せられ、更に金属基板52Dの上面に密封金属薄膜53が載せられて、HIP加工により密封金属薄膜53が縁枠部52aの表面及び島部52bの表面に接合されるとともに、金属基板52Dの裏面と裏板55とが同時に接合される構造となっている。

このようなターゲット51Dは、前記したターゲット51Aの製造方法に準じて製作される。

[0086] 本変形例によれば、凹部に存在するターゲット材54であるリチウム金属が陽子ビームの照射により加熱されて溶けても、円形凹部52c3が膨張による圧力を分散し、連通凹部52c4が溶けたリチウム金属を隣接する各円形凹部52c3に分配して平準化するため、密封金属薄膜の膨れ上がりは、実施形態のターゲット51Aにおける場合と比較して、より抑制され、ターゲット材54と密封金属薄膜との密着状態は維持される。従って、密封金属薄膜の過熱による破損の可能性をより低減できる。

[0087] 《実施形態の変形例3》

次に、図12を参照しながら変形例におけるターゲット51Dとエンボス構造の材質が異なるターゲット51Eの構成とその製造方法について説明する。図12は、変形例のターゲット51Eの構造説明図であり、(a)は、ターゲット51Eの分解説明図、(b)は、ターゲット材54が保持された金属基板52Eの平面図である。ターゲット51A、51Dと同じ構成については同じ符号を付し、重複する説明を省略する。

[0088] ターゲット51Eは、金属基板52E、ターゲット材54、密封金属薄膜53、裏板55から構成されている。裏板55は、図12(a)では単純化して模式的に平板形状で示してあるが、ターゲット51Aにおいてと同様、ターゲットパネル11A、11Bの一部であり、図4で示したようにター

ゲットパネル 1 1 A (1 1 B) の裏板 5 5 のようにマニフォールド 1 1 6 L , 1 1 6 R の部分が下に窪んだ条溝である。

[0089] 図 1 2 (a) に示すように、金属基板 5 2 E は、ほぼ矩形板形状で、その表面側 (図 1 2 (a) において上側) には、外周側に縁枠部 5 2 a が設けられ、縁枠部 5 2 a で囲まれた内側において、左右方向及び前後方向に規則的に離散的に配置された島部 5 2 b を残して減肉された凹部 5 2 c の領域を有している。

[0090] ターゲット 5 1 E は、ターゲット 5 1 D と同様のエンボス構造を有しており、図 1 2 (b) に示すように、金属基板 5 2 E の表面側には、縁枠部 5 2 a で囲まれた内側に六方配置を採るように等間隔に減肉された円形凹部 5 2 c 3 と、隣接する円形凹部 5 2 c 3 との間を連通するように減肉された連通凹部 5 2 c 4 とからなる凹部 5 2 c が、略六角柱状の島部 5 2 b を残すように形成され、ターゲット材 5 4 が保持されている。

[0091] ターゲット 5 1 E が、ターゲット 5 1 D と異なる点は、金属基板 5 2 E の保持面に形成されるエンボス構造における島部 5 2 b の材質である。

ターゲット 5 1 D では、凹部 5 2 c が減肉されることにより残される島部 5 2 b は、金属基板 5 2 D と同一の材質であり、非リチウム金属で、好ましくは低炭素鋼 (F e) 又はタンタル (T a) で構成されている。これに対し、ターゲット 5 1 E では、島部 5 2 b は、ターゲット材 5 4 でもあるリチウム合金 5 4 a で形成される。島部 5 2 b は、材質がリチウム合金であることにより、ターゲットとしての機能を有し、且つ、リチウムの場合と比較して加熱により溶融し難い特性を有するものとなる。

[0092] リチウム合金としては、例えば、陽子ビームの照射により加熱されて溶融しない、すなわち融点が 3 0 0 ° C 程度以上の合金を挙げることができ、銅ーリチウム合金、アルミニウムーリチウム合金、マグネシウムーリチウム合金が好適に用いられる。

銅ーリチウム合金において、添加する C u としては、1 質量%以上が好ましく、1 ~ 2 0 質量%がより好ましい。

アルミニウムリチウム合金において、添加するAlとしては、20質量%以上が好ましく、20～40質量%がより好ましい。

マグネシウムリチウム合金において、添加するMgとしては、45質量%以上が好ましく、45～60質量%がより好ましい。

[0093] 本変形例によれば、ターゲット51Dにおける効果が得られると共に、島部52bがターゲット材54であるリチウムを含む合金で形成されているため、島部52bにおいても陽子ビームの照射により中性子を発生させることができる。その結果、金属基板の保持面側に島部52bを形成することにより生じる中性子発生効率の低下を少なくすることができる。

[0094] 図12(a)に示すように、ターゲット51Eは、金属基板52Eの裏面側には、ターゲット51Aにおいてと同様、溝入れ加工で冷却材流路52dが形成され、残った部分が冷却フィン52eを構成している。

凹部52cに金属リチウムが充填され、その後に、裏板55上に金属基板52Eの裏面が対向するように載せられ、更に金属基板52Eの保持面側Xの面に密封金属薄膜53が載せられて、HIP処理により密封金属薄膜53が縁枠部52aの表面及び島部52bの表面に接合されるとともに、金属基板52Eの裏面と裏板55とが同時に接合される構造となっている。

[0095] 次に図13を参照しながらターゲット51Eの製造方法について説明する。図13は、ターゲット51Eの製造工程の説明図であり、(a)は、ターゲット51Eの金属基板52E0の保持面側(表側)に、一様に減肉された凹部52cの領域を減肉加工する工程と、金属基板52E0の保持面と反対側(裏側)に冷却材流路52d用の溝部を形成する冷却材流路加工工程との後に、凹部52cの底面に付着促進層を形成する付着促進層形成工程を行い、その後に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたリチウム合金54aを凹部52cに充填するリチウム合金充填工程の説明図、(b)は、リチウム合金充填工程を完了し、その後に保持面側平滑化工程を行った後の状態説明図、(c)は、エンボス構造加工工程を終了後の状態説明図、(d)は、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、溶けたターゲット材54を凹部52

cに充填するターゲット材充填工程の説明図、(e)は、ターゲット材充填工程を完了し、その後に保持面側平滑化工程を行った後の状態説明図である。

[0096] ターゲット51Eは、次のように製作される。

(1) 冷却材流路形成加工工程

金属基板52Eの元になる矩形状の低炭素鋼又はタンタルの板材に対して、その1面側(裏側(図13(a)における下側面に対応))にフライス加工等によって冷却材流路52dを形成するために溝を多数加工し、冷却フィン52eを設ける(図13(a)参照)。

[0097] (2) 減肉加工工程

板材の表側(図13(a)における上側面に対応)に、縁枠部52aを残して所定の深さの減肉加工を行い、底部が平面状の凹部52cを有する金属基板52E0を形成する。例えば、ターゲット材であるリチウム金属(Li)の厚さと同じ、50 μ mの減肉加工を、フライス加工で行う。

[0098] (3) 付着促進層形成工程

減肉加工工程の次に、凹部52cの底部に銅、アルミニウム、マグネシウム、又は亜鉛の極薄層(付着促進層)を、例えば、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスにより形成し、その厚さは、例えば、0.05 μ mとする。これは、リチウム合金54aと金属基板52E0との付着性(ぬれ性)を良くするための加工である。この際、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスの前に縁枠部52aの表面には、銅の極薄層を形成しないようにマスキング処理をし、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセス後にマスキングを剥がす。

[0099] (4) リチウム合金充填工程

次に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、リチウム合金54aを溶かした状態で坩堝61にいれたものを金属基板52E0の凹部52cに流し込む(図13(a),(b)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H₂O)を含んでいるので、熔融したリチウム合金54aが酸化されるので

、真空中で充填する方が好ましい。充填したリチウム合金54aは、アルゴンガス中又は真空中でそのまま凝固させる。

[0100] (5) 保持面側平滑化工程

凝固したリチウム合金54aは、縁枠部52aの表面に付着し、更に、縁枠部52aの表面よりも盛り上がっているため、例えば、フライス加工により削り取り、リチウム合金54aの粉末もアルゴンガスのブロー等によって除去する(図13(b)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H_2O)を含んでいるので、熔融したリチウム金属が酸化されるので、真空中で研削する方が好ましい。

[0101] (6) エンボス構造加工工程

次に、凹部52cに充填したリチウム合金54aに、平面視で円形状となる所定の深さの減肉加工、例えば、直径が4mmであり、凹部52cの底部をなす金属基板に達する深さの減肉加工を、六方配置を採るように縦方向及び横方向に複数箇所、フライス加工等により行い、円形凹部52c3を形成する。

また、各円形凹部52c3の間が連通するように、所定の形状の連通凹部52c4を減肉加工、例えば、1mm幅の溝で連通するように、凹部52cの底部をなす金属基板に達する深さの減肉加工を行う。

全ての円形凹部52c3を連通凹部52c4で連通させることにより、リチウム合金54aからなる複数の島部52bと凹部52cとからなるエンボス構造を有する金属基板52Eが形成される(図13(c)参照)。

[0102] (7) 付着促進層形成工程

エンボス構造加工工程の次に、凹部52cの底部に銅、アルミニウム、マグネシウム、又は亜鉛の極薄層(付着促進層)を、例えば、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスにより形成し、その厚さは、例えば、 $0.05\mu m$ とする。これは、ターゲット材54であるリチウムと金属基板と52Eとの付着性(ぬれ性)を良くするための加工である。この際、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセスの前に縁枠部52aと島部52bの図13(c)にお

ける上側の表面には、銅の極薄層を形成しないようにマスクング処理をし、蒸着、スパッタリング等の成膜プロセス後にマスクングを剥がす。

[0103] (8) ターゲット材充填工程

次に、アルゴンガス雰囲気中又は真空中で、ターゲット材54であるリチウム金属を溶かした状態で坩堝61にいたものを凹部52cに流し込む(図13(d)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H₂O)を含んでいるので、溶融したリチウム金属が酸化されるので、真空中で充填する方が好ましい。充填したターゲット材54であるリチウム金属は、アルゴンガス中又は真空中でそのまま凝固させる。

[0104] (9) 保持面側平滑化工程

凝固したリチウム金属は、縁枠部52a及び島部52bの表面に付着し、更に、縁枠部52a及び島部52bの表面よりも盛り上がっているため、例えば、フライス加工により削り取り、リチウム金属の粉末もアルゴンガスのブロー等によって除去する。その結果、縁枠部52a及び島部52bの表面が清浄な状態で露出し、凹部52cにのみリチウム金属が充填された状態となる(図13(e)参照)。アルゴンガスは、不純物として酸素や水分(H₂O)を含んでいるので、溶融したリチウム金属が酸化されるので、真空中で研削する方が好ましい。

[0105] (10) 接合工程

続いて、ターゲット51Aの製造方法においてと同様に、アルゴンガス雰囲気中で、ターゲットパネル11A(又は、ターゲットパネル11B)の裏板55と、金属基板52Eと、密封金属薄膜53とをHIP接合する。

以上により、ターゲット51Eが完成する。

[0106] 《実施形態の変形例4》

次に、図14を参照しながら本実施形態におけるターゲット51Aと凹部構造及びターゲット材54の材質が異なるターゲット51Fの構成とその製造方法について説明する。図14は、変形例のターゲット51Fの分解説明図である。ターゲット51Aと同じ構成については同じ符号を付し、重複す

る説明を省略する。

[0107] ターゲット51Fは、金属基板52F、ターゲット材54、密封金属薄膜53、裏板55から構成されている。裏板55は、図13では単純化して模式的に平板形状で示してあるが、ターゲット51Aにおいてと同様、ターゲットパネル11A、11Bの一部であり、図4で示したようにターゲットパネル11A(11B)の裏板55のようにマニフォールド116L、116Rの部分が下に窪んだ条溝である。

[0108] 図14に示すように、金属基板52Fは、ほぼ矩形板形状で、その表面側(図14において上側)には、外周側に縁枠部52aが設けられ、縁枠部52aで囲まれた内側において、一様に減肉された凹部52cの領域を有している。金属基板52Fにおける凹部52cは、底部が平面状であり、比較例におけるターゲット51Bと同様にエンボス構造を加工形成されていない形状からなる。

[0109] ターゲット51Fが、ターゲット51Bと異なる点は、凹部52cに充填されるターゲット材54の材質である。

ターゲット51Bにおいては、本質的に100質量%のリチウムからなる純リチウム金属が、ターゲット材54として凹部52cに充填される。

これに対し、ターゲット51Fにおいては、リチウム合金54aが、ターゲット材54として凹部52cに充填される。リチウム合金54aは、リチウム金属と比較して加熱により溶融し難い特性を有するターゲット材54である。

リチウム合金54aとしては、例えば、陽子ビームの照射により加熱されて溶融しない、すなわち融点が300℃程度以上であり、かつ陽子ビームのリチウム合金中の飛程がなるべく短くならない様に添加金属%が小さなリチウム合金を挙げることができ、銅-リチウム合金、アルミニウム-リチウム合金、マグネシウム-リチウム合金が好適に用いられる。

銅-リチウム合金において、添加するCuとしては1~20質量%が好ましく、アルミニウム-リチウム合金において、添加するAlとしては20~

40質量%が好ましく、マグネシウム-リチウム合金において、添加するMgとしては45~60質量%が好ましい。

[0110] 金属基板52Fの材質としては、低炭素鋼(Fe)又はタンタル(Ta)が好ましく、底部が平面上の凹部52cの加工は、例えば、フライス加工で行えるが、放電加工、薬品によるエッチング加工によっても行える。

縁枠部52aと凹部52cとの段差は、ターゲット材の厚さと同じ、例えば、50 μ mである。

凹部52cの底面から冷却材流路52dの溝底までの厚さは、ターゲット材54に入射した陽子ビーム6がターゲット材54を通過した残りの陽子を全て阻止できる厚さとする。

[0111] 図14に示すように、ターゲット51Fは、金属基板52Fの裏面側には、ターゲット51Aにおいてと同様、溝入れ加工で冷却材流路52dが形成され、残った部分が冷却フィン52eを構成している。

凹部52cにリチウム合金54aが充填され、その後に、裏板55上に金属基板52Dの裏面が対向するように載せられ、更に金属基板52Fの上面に密封金属薄膜53が載せられて、HIP加工により密封金属薄膜53が縁枠部52aの表面に接合されるとともに、金属基板52Fの裏面と裏板55とが同時に接合される構造となっている。

このようなターゲット51Fは、前記したターゲット51Eの製造方法において、金属基板52E0にリチウム合金54aを充填し、保持面側平滑化工程を行った後、HIPによる接合工程を行うことで製作される。

また、あらかじめ必要な厚さに圧延したリチウム合金54aを密封金属薄膜53に圧着させ、これを凹部52cを設けていない金属基板上に乗せて更に圧着させるとともに、密封金属薄膜53と金属基板を基板周辺部で溶接する方法もある。

[0112] 本変形例によれば、融点が比較的低いリチウム金属をターゲット材54として用いる場合と比較して、陽子ビームの照射によりターゲット材54が加熱されて溶融し、液化したターゲット材54が金属基板の一部に偏在して

しまい、ターゲットとしての機能が劣化することを防ぐことができる。

符号の説明

- [0113]
- 1 陽子ビーム発生装置
 - 1 a イオン源
 - 1 b 加速器
 - 2 照射部
 - 3 治療部
 - 4 ビーム導管
 - 5 ターゲット部
 - 6 陽子ビーム
 - 7 ビーム集束レンズ
 - 9 中性子ビーム
 - 10 コリメータ
 - 10 a 先端フランジ部
 - 11 A, 11 B ターゲットパネル
 - 11 a ビーム照射面
 - 11 b 先端面
 - 11 c L, 11 c R パネル側面
 - 12 L, 12 R 側板
 - 17 取り付けボルト
 - 18 絶縁ピース
 - 21 減速材
 - 22 反射材
 - 23 中性子吸収材
 - 24 コリメータ
 - 51 A, 51 C, 51 D, 51 E, 51 F ターゲット
 - 52 A, 52 C, 52 D, 52 E, 52 F 金属基板
 - 52 a 縁枠部

- 5 2 b 島部
- 5 2 c 凹部
- 5 2 c 3 円形凹部
- 5 2 c 4 連通凹部
- 5 2 d 冷却材流路
- 5 2 e 冷却フィン
- 5 3 密封金属薄膜
- 5 4 ターゲット材
- 5 4 a ターゲット材 (リチウム合金)
- 5 5 裏板
- 6 1 坩堝
- 1 0 0 中性子発生装置
- 1 1 2 ビームストップ部材
- 1 1 3, 1 2 4 絶縁部材
- 1 5 取り付け孔
- 1 1 6 L, 1 1 6 R マニフォールド
- 1 1 6 L a, 1 1 6 R a, 1 1 7 L, 1 1 7 R, 1 2 1 L, 1 2 1 R, 1 2 3 L, 1 2 3 R 冷却材流路孔
- 1 2 2 L, 1 2 2 R 冷却材連通路

請求の範囲

- [請求項1] 加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li}(\text{p}, \text{n}){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットであって、前記ターゲット材を保持する金属基板と、
- 前記金属基板において前記ターゲット材を保持する保持面側に前記ターゲット材を密封する密封金属薄膜と、
- を備え、
- 前記金属基板の前記保持面側には、
- 縁枠部と、
- 該縁枠部に囲まれた内部に前記縁枠部と同じ高さの複数の島部を残して、前記縁枠部及び前記複数の島部以外の他の領域を前記ターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造と、
- を有し、
- 前記ターゲット材が前記密封金属薄膜により前記金属基板の前記凹部に密封されることを特徴とする中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項2] 前記エンボス構造における減肉された凹部は、
- 前記縁枠部に囲まれた内側に六方配置され、平面視で円形状を有する複数の円形凹部と、
- 隣接する前記円形凹部同士を互いに連通する連通凹部と、
- からなることを特徴とする請求項1に記載の中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項3] 前記凹部の底面には、前記ターゲット材と前記金属基板との付着性を良くする付着促進層を設けることを特徴とする請求項1に記載の中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項4] 前記付着促進層は、銅、アルミニウム、マグネシウム、又は亜鉛の薄膜層であることを特徴とする請求項3に記載の中性子発生装置用のターゲット。

- [請求項5] 前記金属基板は、前記保持面側と反対側の面側に冷却材を流す冷却材流路を多数条設けられていることを特徴とする請求項1に記載の中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項6] 前記金属基板は、鉄又はタンタルで構成され、
前記密封金属薄膜は、ステンレス鋼薄板、チタン薄板、チタン合金薄板、ベリリウム薄板又はベリリウム合金薄板で構成されることを特徴とする請求項1に記載の中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項7] 前記エンボス構造における島部は、1～20質量%のCu、20～40質量%のAl、または45～60質量%のMgのいずれかを含み、残部がLiと不可避不純物からなるリチウム合金で構成されることを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の中性子発生装置用のターゲット。
- [請求項8] 加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li}(p, n){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットの製造方法であって、
前記ターゲット材を保持する金属基板の前記ターゲット材を保持する保持面側に、前記ターゲット材を密封するための縁枠部と、該縁枠部に囲まれた内側に前記縁枠部と同じ高さの複数の島部を残して、該島部以外の他の領域を前記ターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造を形成するエンボス構造加工工程と、
前記凹部の底面に前記ターゲット材と前記金属基板との付着性を良くする付着促進層を形成する付着促進層形成工程と、
前記保持面側の前記凹部に前記ターゲット材を溶かして充填するターゲット材充填工程と、
前記ターゲット材充填工程の後に、前記ターゲット材を前記金属基板の前記凹部に密封する密封金属薄膜を、前記保持面側の前記縁枠部及び前記島部の表面において、熱間静水圧プレス(HIP)処理により接合する接合工程と、

を備えることを特徴とする中性子発生装置用のターゲットの製造方法。

[請求項9]

加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li}(\text{p}, \text{n}){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中性子発生装置用のターゲットの製造方法であって、

前記ターゲット材を保持する金属基板の前記ターゲット材を保持する保持面側に、前記ターゲット材を密封するための縁枠部と、該縁枠部に囲まれた内側に前記縁枠部と同じ高さの複数の島部を残して、該島部以外の他の領域を前記ターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造を形成するエンボス構造加工工程と、

前記ターゲット材を前記金属基板の前記凹部に密封するための密封金属薄膜を、前記保持面側の前記縁枠部及び前記島部の表面において、熱間静水圧プレス（HIP）処理により接合する接合工程と、

前記接合工程の後の前記金属基板を前記ターゲット材が溶融する第1の所定の温度に加熱し、溶融状態の前記ターゲット材を前記密封金属薄膜で覆われた前記金属基板の前記凹部に注入し、前記ターゲット材が、前記密封金属薄膜及び前記金属基板との接触表面と十分に濡れて隙間がなくなるまで、前記第1の所定の温度以下の第2の所定の温度に保持して、前記ターゲット材を前記金属基板の前記凹部に充填するターゲット材充填工程と、

を備えることを特徴とする中性子発生装置用のターゲットの製造方法。

[請求項10]

前記エンボス構造加工工程の後であり、前記接合工程の前に、前記凹部の底面に前記ターゲット材と前記金属基板との付着性を良くする付着促進層を形成する付着促進層形成工程を備えることを特徴とする請求項9に記載の中性子発生装置用のターゲットの製造方法。

[請求項11]

加速器により加速された陽子ビームをターゲット材であるリチウムに照射して、 ${}^7\text{Li}(\text{p}, \text{n}){}^7\text{Be}$ 反応により中性子を発生させる中

中性子発生装置用のターゲットであって、

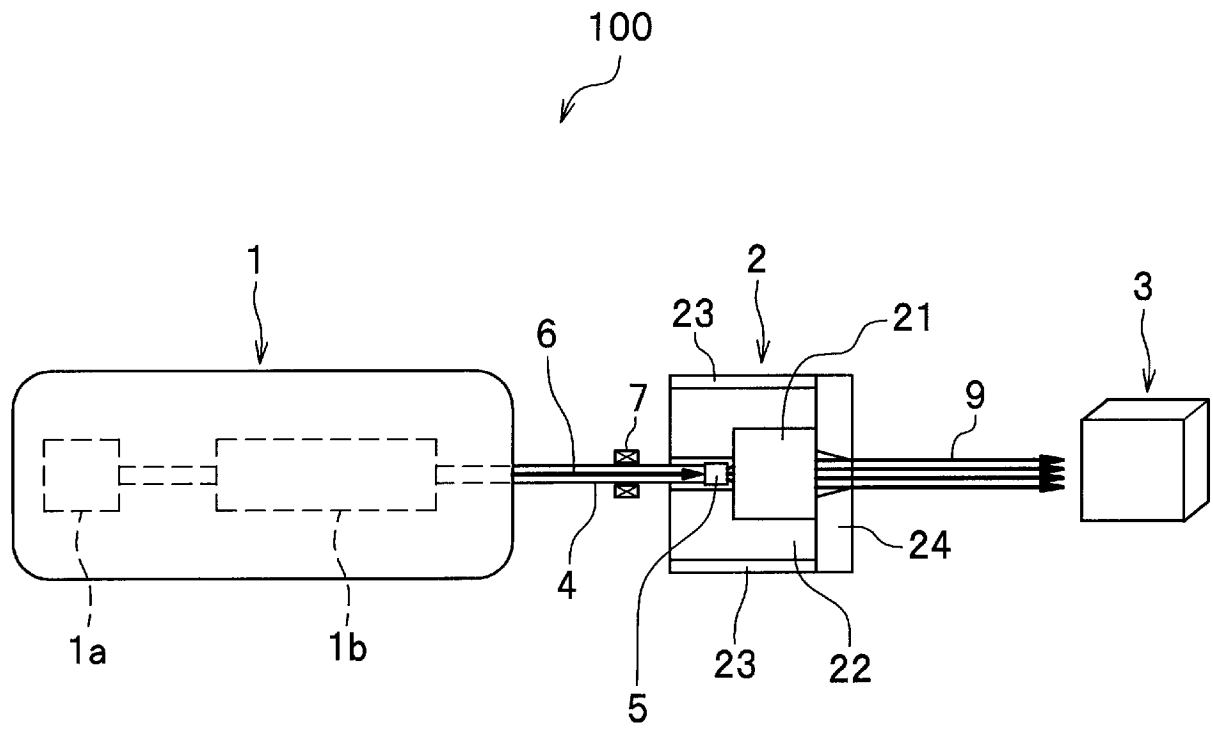
前記ターゲット材を保持する金属基板と、

前記金属基板において前記ターゲット材を保持する保持面側に前記ターゲット材を密封する密封金属薄膜と、

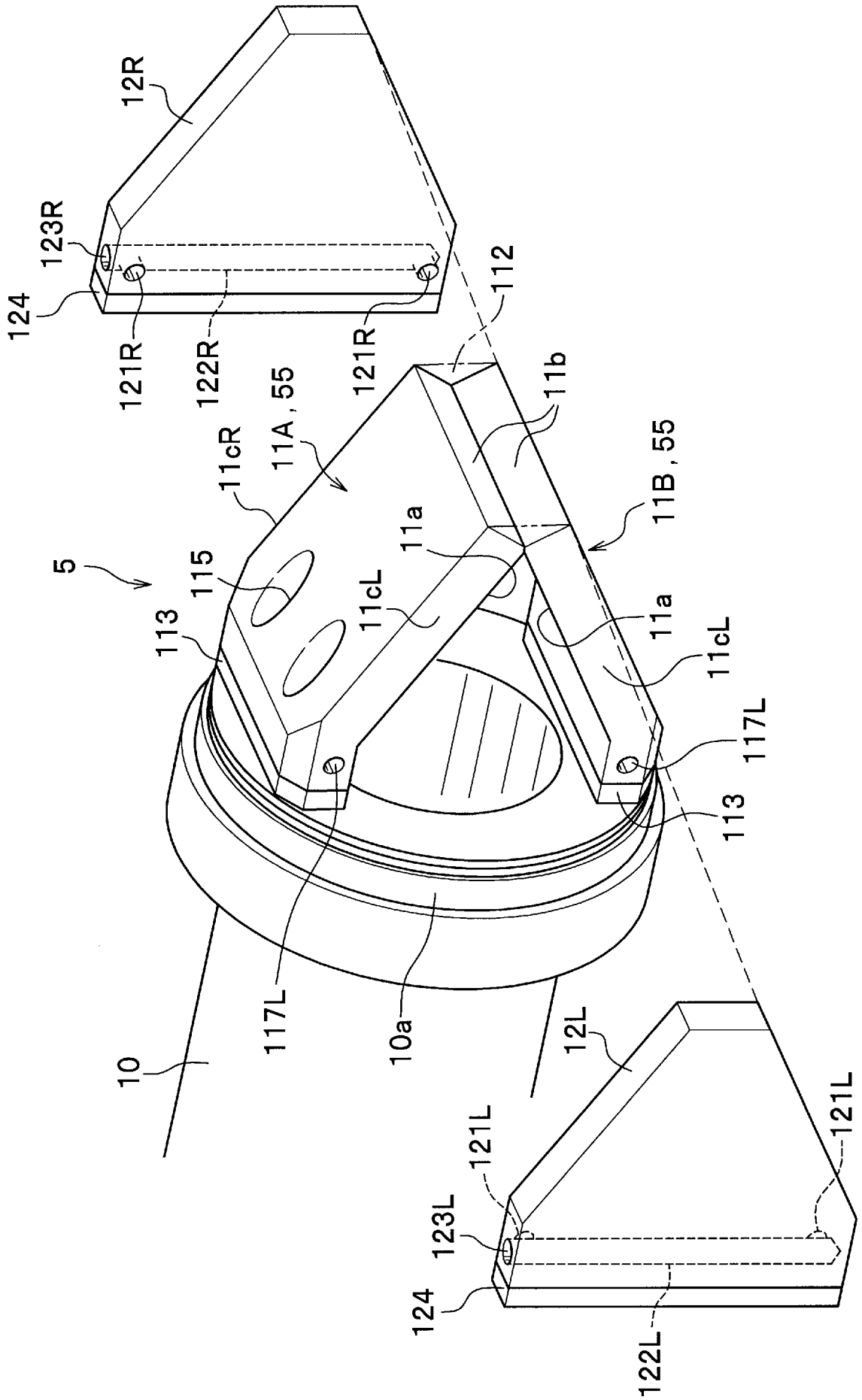
を備え、

前記ターゲット材が、1～20質量%のCu、20～40質量%のAl、または45～60質量%のMgのいずれかを含み、残部がLiと不可避不純物からなるリチウム合金で構成されることを特徴とする中性子発生装置用のターゲット。

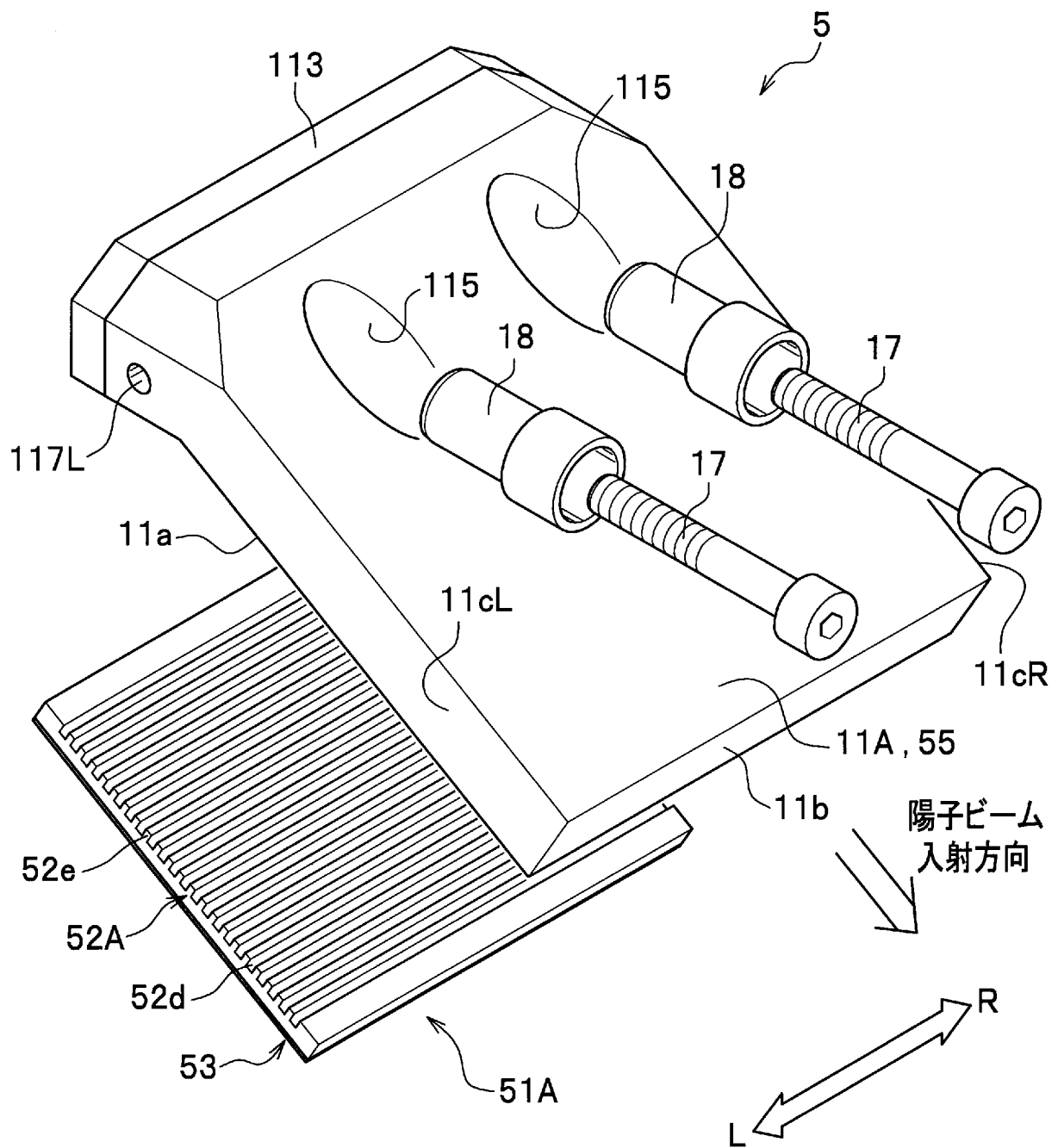
[図1]



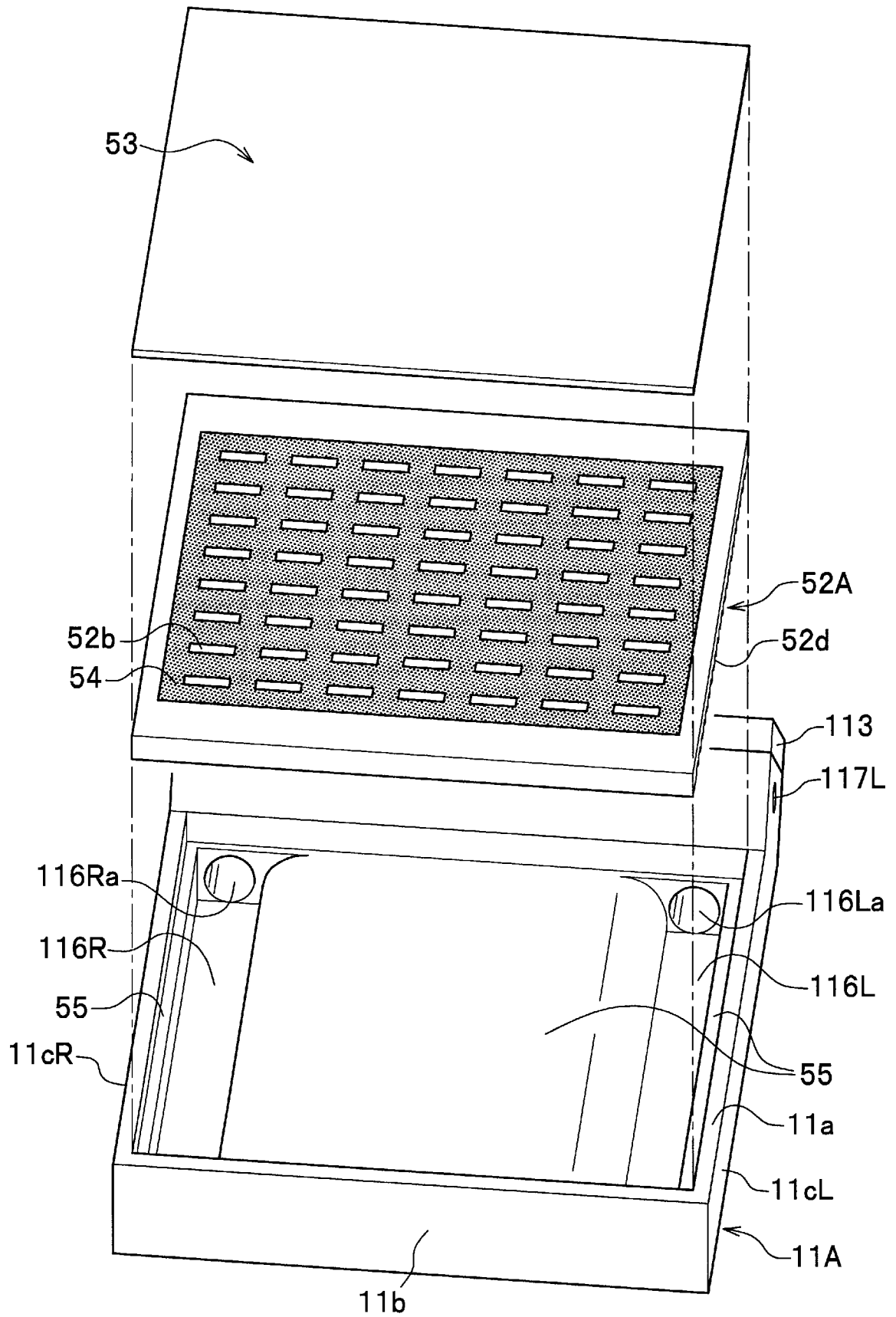
[図2]



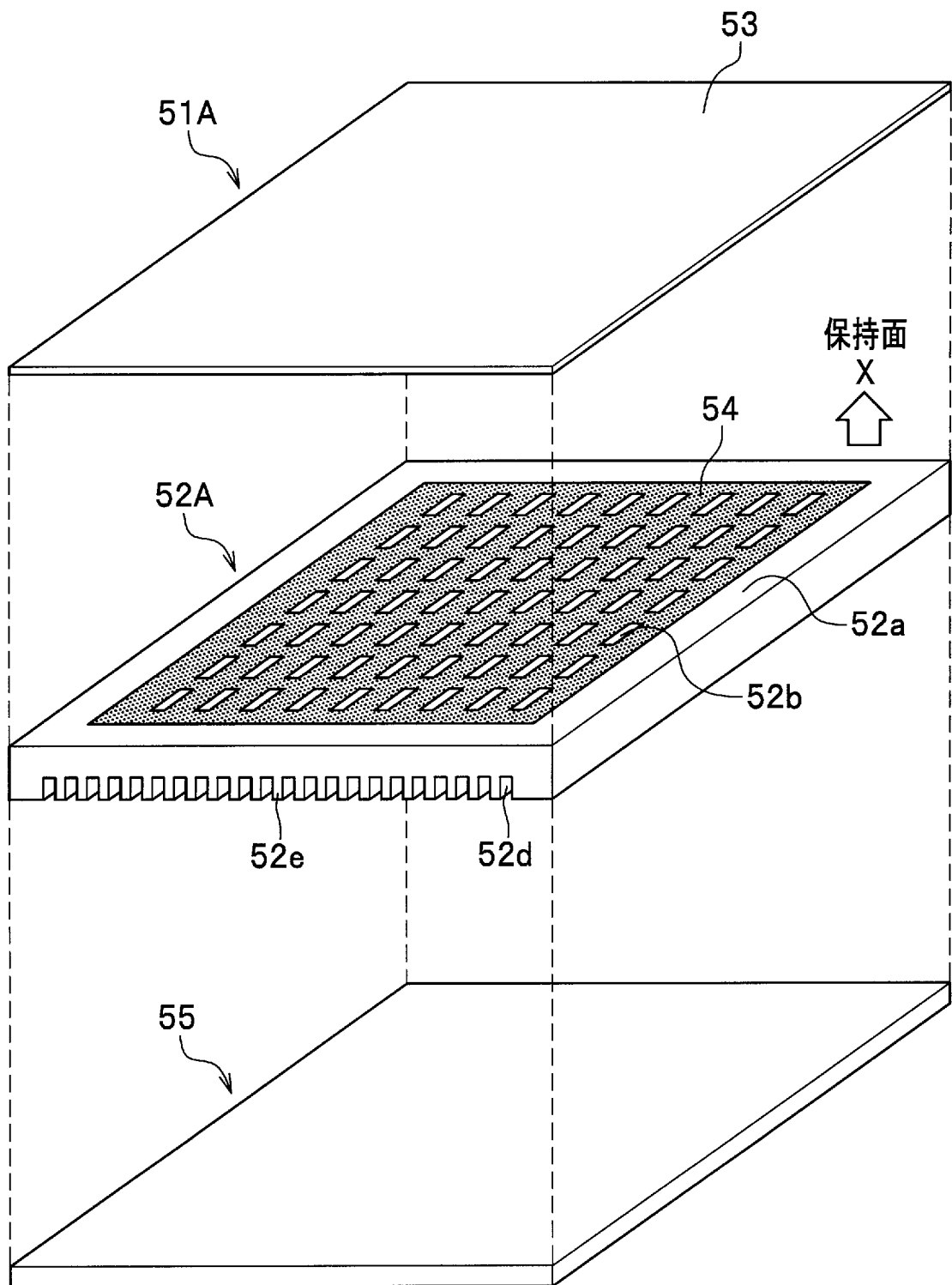
[図3]



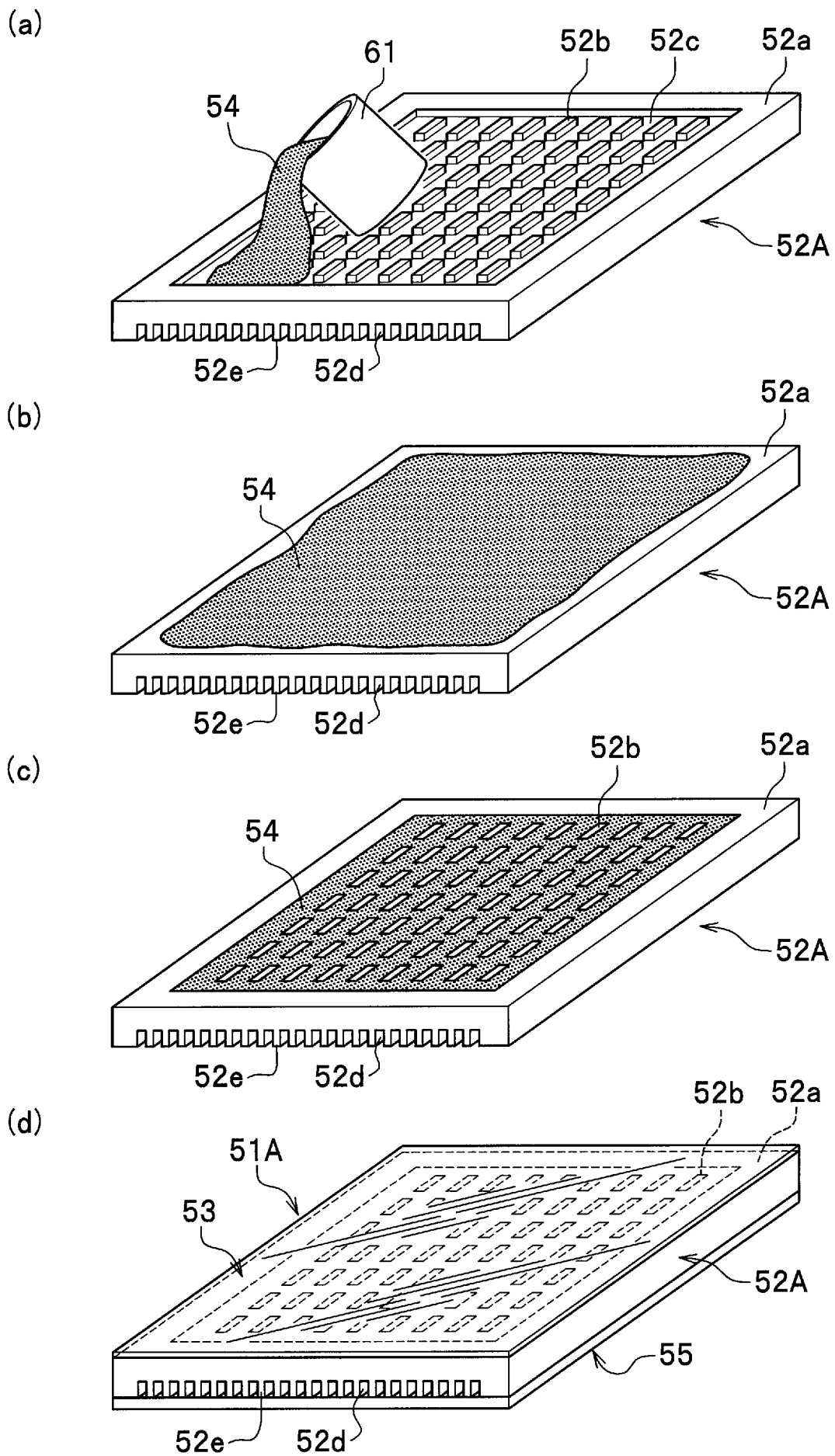
[図4]



[図5]

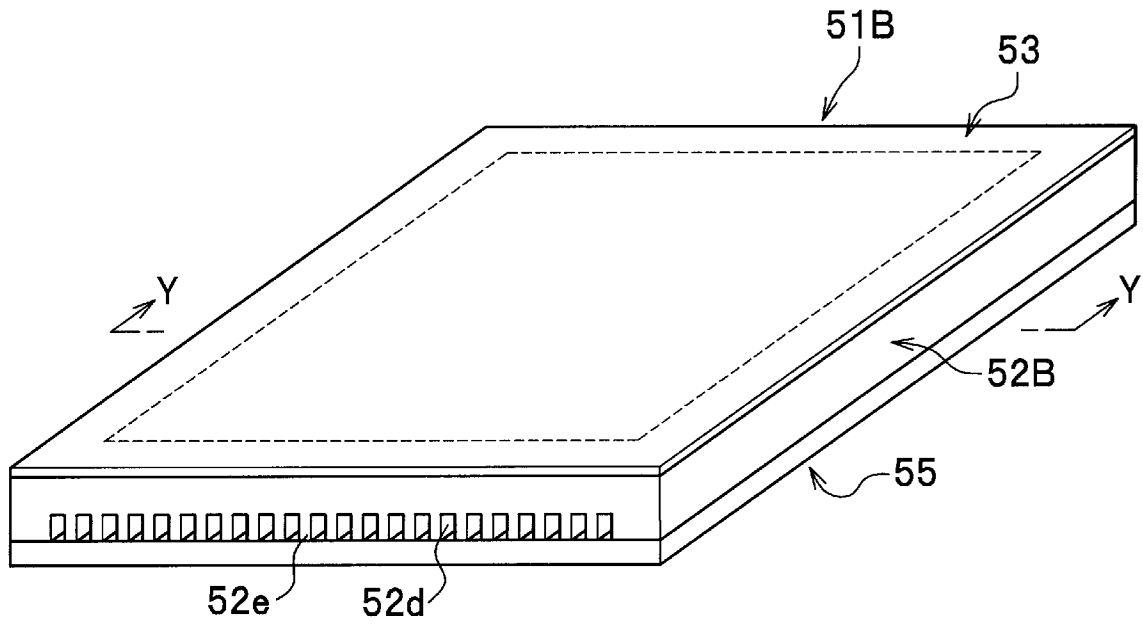


[図6]

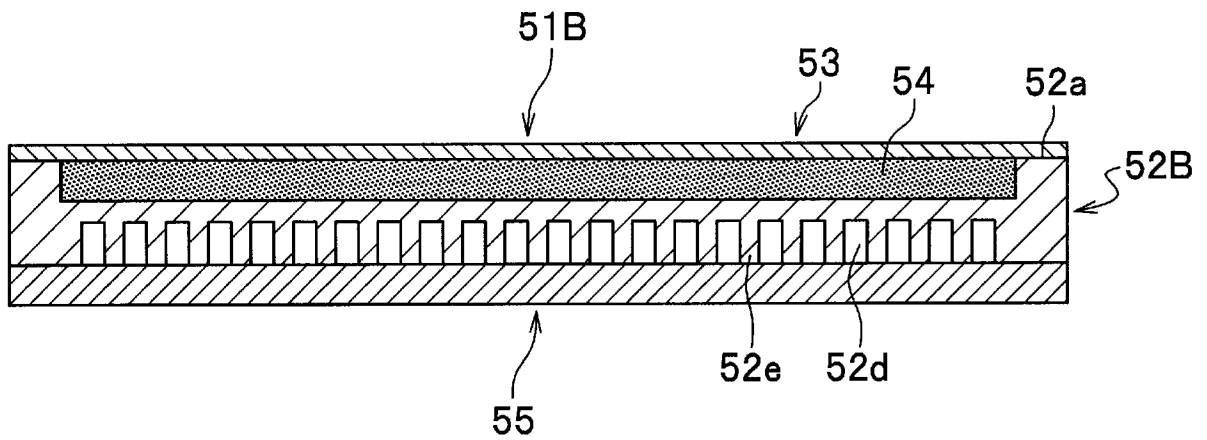


[図7]

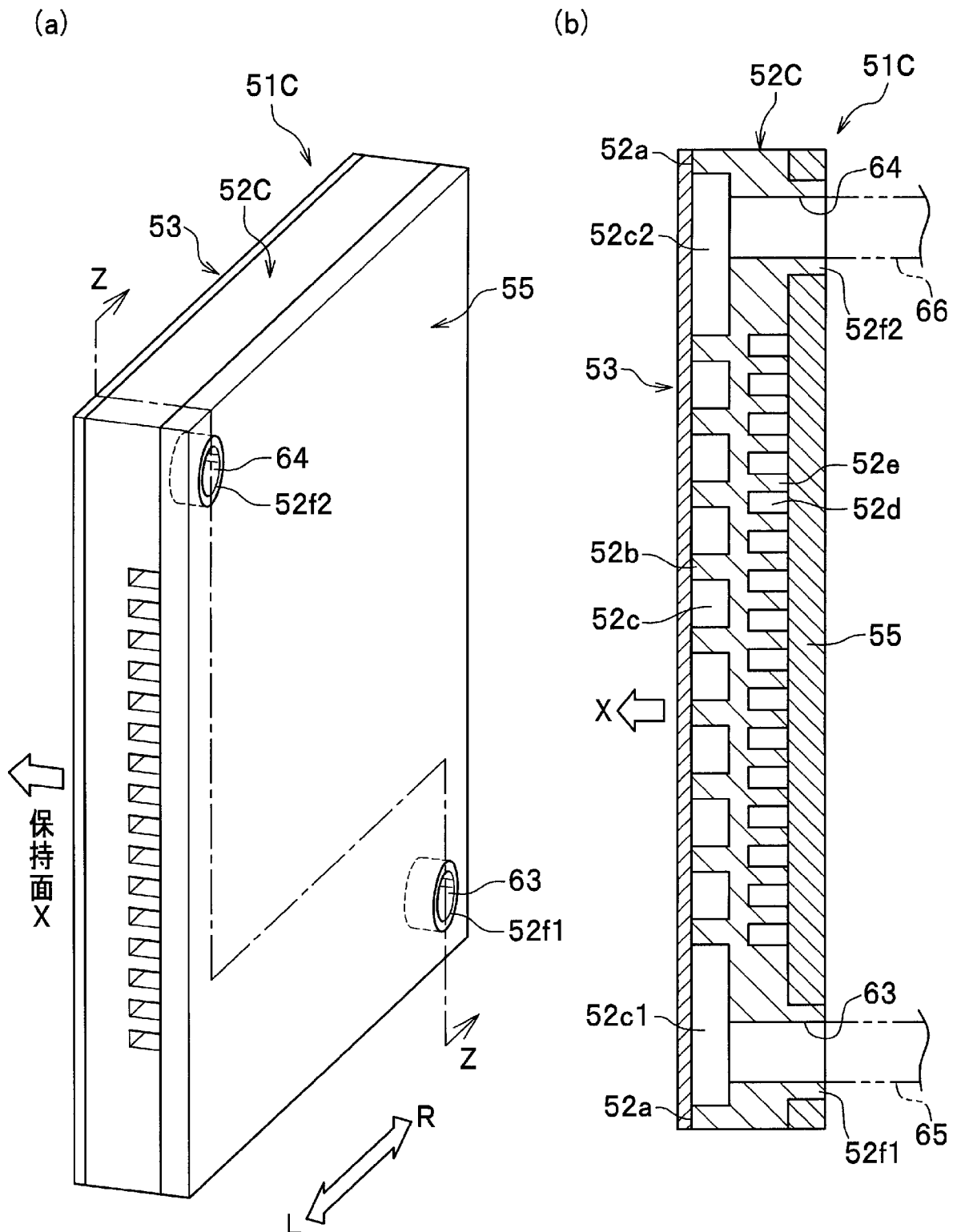
(a)



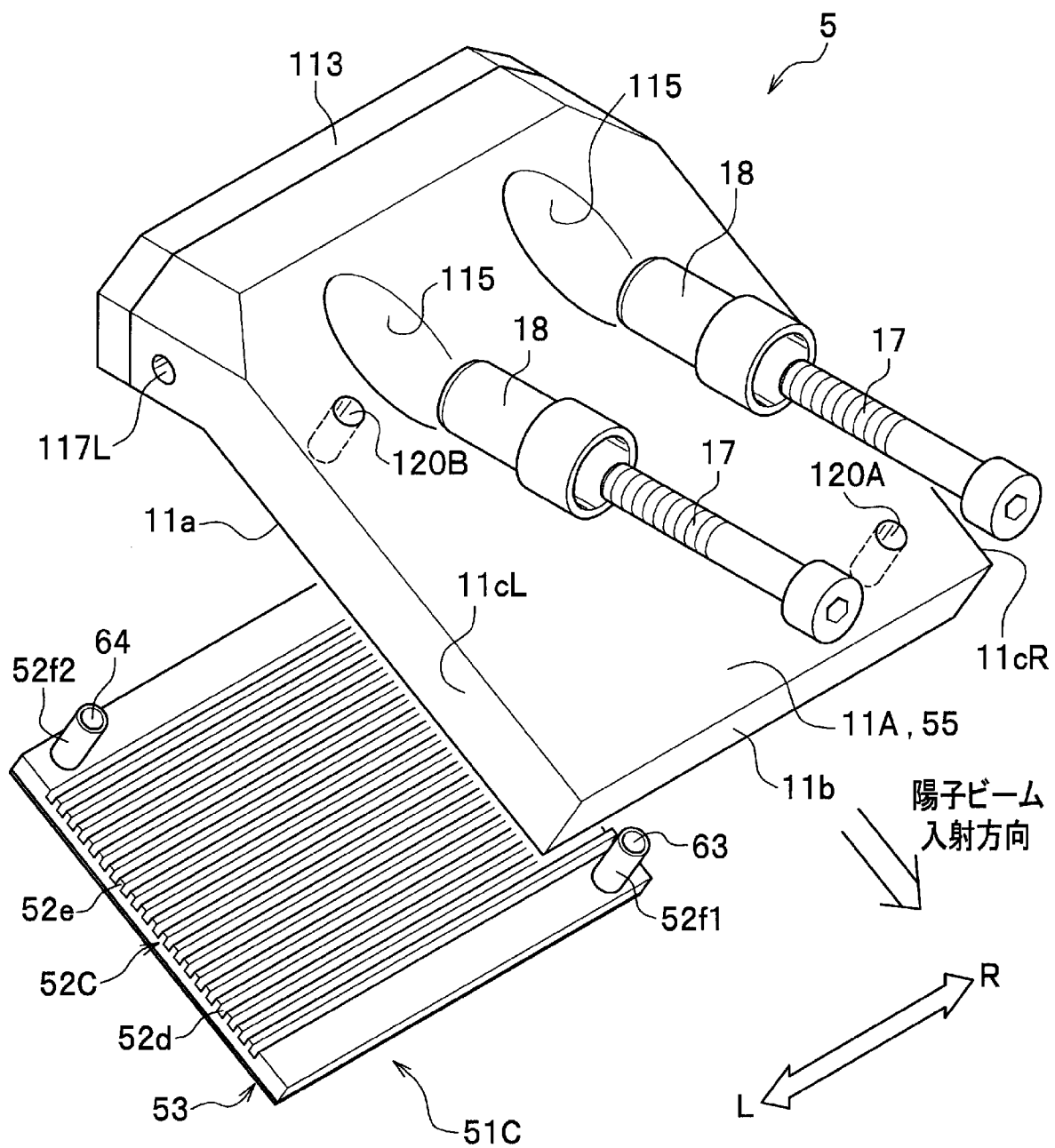
(b)



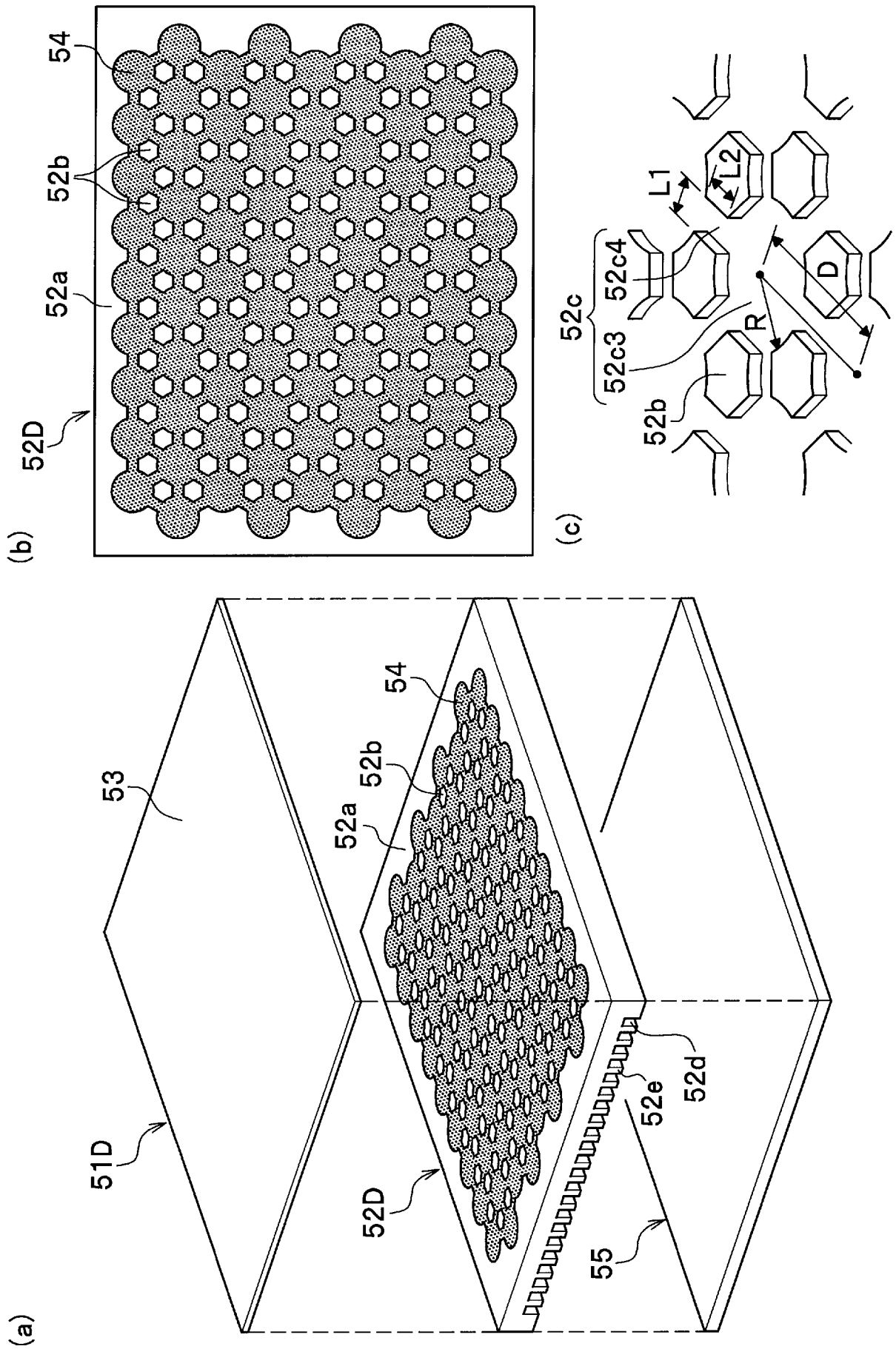
[図8]



[図10]

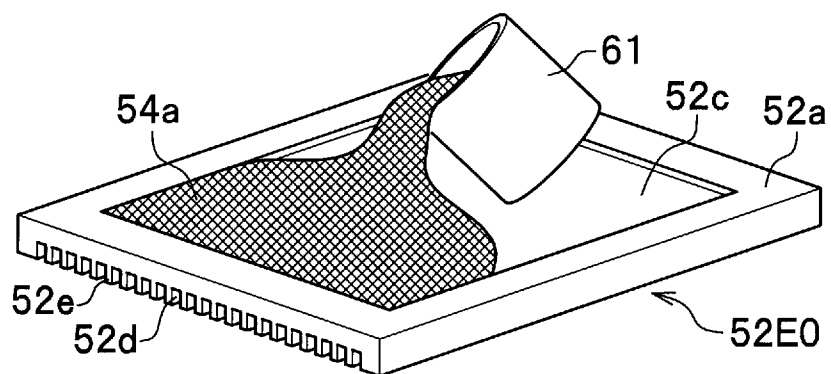


[図11]

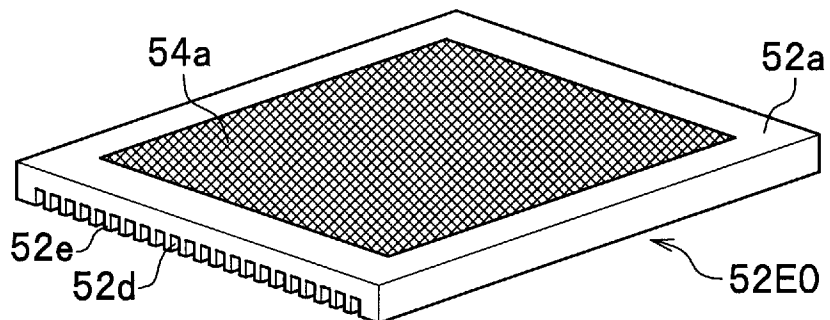


[図13]

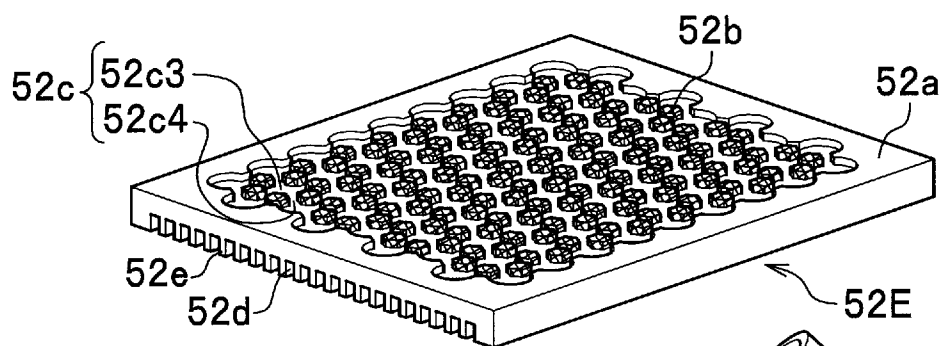
(a)



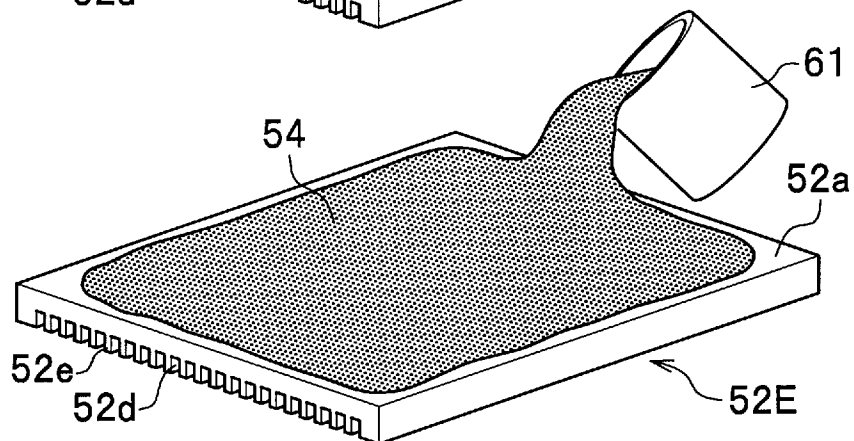
(b)



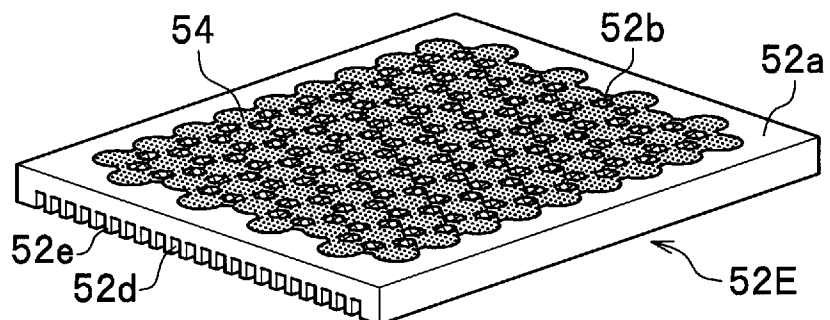
(c)



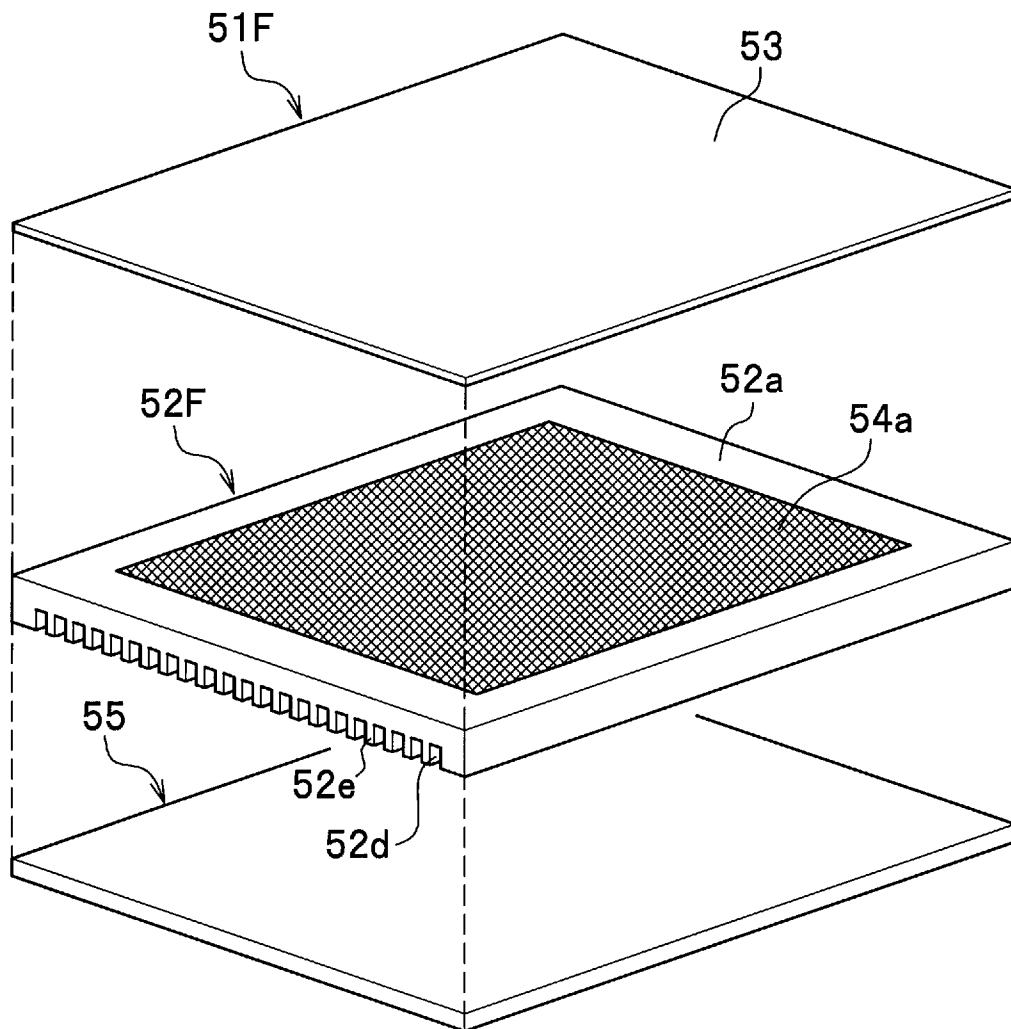
(d)



(e)



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069046

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05H6/00(2006.01)i, A61N5/10(2006.01)i, G21K5/08(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05H6/00, A61N5/10, G21K5/08

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	US 5392319 A (Philip E. Eggers), 21 February 1995 (21.02.1995), column 6, line 25; column 9, lines 20 to 21; column 9, lines 26 to 28; column 11, line 65 to column 12, line 16; column 15, lines 33 to 35; fig. 8 to 9, 15 to 16 (Family: none)	1-6 8 7, 9-11
Y	JP 2012-119062 A (Inter-University Research Institute Corporation High Energy Accelerator Research Organization), 21 June 2012 (21.06.2012), paragraph [0027]; fig. 1 & WO 2012/073966 A	8

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
20 September, 2013 (20.09.13)

Date of mailing of the international search report
01 October, 2013 (01.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069046

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2008/025737 A1 (Ion Beam Applications S. A.), 06 March 2008 (06.03.2008), paragraphs [0023], [0054], [0058]; fig. 3 & EP 1895819 A1	11 1-10
Y A	US 4663111 A (Jong H. Kim, Walter B. Loewenstein), 05 May 1987 (05.05.1987), column 2, lines 46 to 68; table 1 (Family: none)	11 1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069046

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The following two inventions (groups) are included in the scope of the claims:

(Invention 1) The invention according to claims 1-10: a target, comprising an embossing structure in which a plurality of lands having the same height as an edge frame part are left in a retaining face side of a metallic substrate, and regions other than the lands are depressions which are reduced in thickness by the thickness of a target material; and

(Invention 2) The invention according to claim 11: a target in which a target material is configured of a lithium alloy.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H05H6/00(2006.01)i, A61N5/10(2006.01)i, G21K5/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. H05H6/00, A61N5/10, G21K5/08

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 1971-2013年
 日本国実用新案登録公報 1996-2013年
 日本国登録実用新案公報 1994-2013年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	US 5392319 A (Philip E. Eggers) 1995.02.21, 第6欄第25行, 第9欄第20-21行, 第9欄第26-28行, 第11欄第65行 - 第12欄第16行, 第15欄第33-35行, 図8-9, 15- 16 (ファミリーなし)	1-6 8 7, 9-11
Y	JP 2012-119062 A (大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研 究機構) 2012.06.21, 【0027】, 図1 & WO 2012/073966 A	8

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	の日の後に公表された文献
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日 20.09.2013	国際調査報告の発送日 01.10.2013
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 鳥居 祐樹 電話番号 03-3581-1101 内線 3273

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2008/025737 A1 (Ion Beam Applications S. A.) 2008. 03. 06, [0023], [0054], [0058], Fig. 3 & EP 1895819 A1	11 1-10
Y A	US 4663111 A (Jong H. Kim, Walter B. Loewenstein) 1987. 05. 05, 第2欄第46-68行, 表1 (ファミリーなし)	11 1-10

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項 (PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。つまり、

2. 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、

3. 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。
請求の範囲には、以下に示す2の発明(群)が含まれる。

(発明1) 請求項1-10に係る発明

金属基板の保持面側に、縁枠部と同じ高さの複数の島部を残して、前記島部以外の他の領域をターゲット材の厚み分だけ減肉された凹部とするエンボス構造を有しているターゲット。

(発明2) 請求項11に係る発明

ターゲット材がリチウム合金で構成されたターゲット。

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。