

(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2017-125715

(P2017-125715A)

(43) 公開日 平成29年7月20日(2017.7.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 2 1 F 3/00 (2006.01)	G 2 1 F 3/00	N
G 2 1 F 1/10 (2006.01)	G 2 1 F 1/10	
G 2 1 F 1/08 (2006.01)	G 2 1 F 1/08	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2016-3812 (P2016-3812)	(71) 出願人	000142791 株式会社アトックス 東京都港区芝四丁目11番3号
(22) 出願日	平成28年1月12日 (2016.1.12)	(71) 出願人	504151365 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 茨城県つくば市大穂1番地1
申請有り		(74) 代理人	110000800 特許業務法人創成国際特許事務所
		(72) 発明者	袖山 康祐 東京都港区芝4丁目11番3号 株式会社アトックス内
		(72) 発明者	熊谷 雅章 東京都港区芝4丁目11番3号 株式会社アトックス内

最終頁に続く

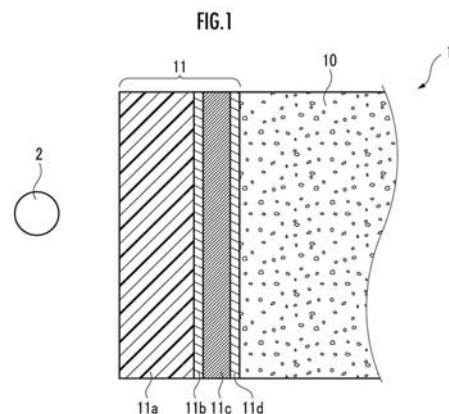
(54) 【発明の名称】 中性子遮蔽体

(57) 【要約】

【課題】既存の施設に容易に適用でき、放射性廃棄物の発生量を低減させることができる中性子遮蔽体を提供する。

【解決手段】放射化低減構造体1は、コンクリート10と、その加速器ターゲット2側の中性子遮蔽体11とで構成される。中性子遮蔽体11は、加速器ターゲット2側から順に、ポリエチレン層11aと、ボロンカーバイド層11cと、アルミニウム又はアルミニウム合金で形成された第2アルミ層11dとを備える。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

中性子源から発生する中性子を遮蔽する構造体の中性子源側に配置される中性子遮蔽体であって、

前記中性子源側から順に、熱外中性子を熱中性子に変換する減速材層と、該熱中性子を遮蔽する遮蔽材層と、前記遮蔽材層の前記構造体側を被覆する構造体側被覆層とを備え、
前記減速材層は、ポリオレフィン材料で形成され、

前記構造体側被覆層は、アルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることを特徴とする中性子遮蔽体。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の中性子遮蔽体であって、

前記減速材層と前記遮蔽材層との間に、前記遮蔽材層の前記中性子源側を被覆する中性子源側被覆層を備え、

前記中性子源側被覆層は、アルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることを特徴とする中性子遮蔽体。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の中性子遮蔽体であって、

前記遮蔽材層、前記構造体側被覆層及び前記中性子源側被覆層の厚さの合計は、2.5 mm であり、

前記減速材層の厚さは、30 mm ~ 130 mm であることを特徴とする中性子遮蔽体。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の中性子遮蔽体であって、

前記遮蔽材層、前記構造体側被覆層及び前記中性子源側被覆層の厚さの合計は、2.5 mm であり、

前記減速材層の厚さは、40 mm ~ 80 mm であることを特徴とする中性子遮蔽体。

【請求項 5】

請求項 2 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の中性子遮蔽体であって、

前記遮蔽材層、前記構造体側被覆層及び前記中性子源側被覆層の厚さの合計は、2.5 mm であり、

前記減速材層の厚さは、80 mm であることを特徴とする中性子遮蔽体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、加速器ターゲット等の中性子源から発生する中性子を遮蔽する構造体の放射化を抑制するための中性子遮蔽体に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、様々な施設において中性子線等の放射線を用いた技術が扱われるようになっていく。例えば、がん治療やPET薬剤製造等のための医療用加速器施設等である。そのような施設では、加速器ターゲット等の中性子源から発生する中性子から、ホウ素等を含有させた低放射化コンクリート等を用いた構造体で周囲を覆うことにより、施設内の所定の空間内における漏洩線量を低減させている。

【0003】

この種の構造体としては、コンクリート等の放射線遮蔽材料を、壁や床や天井等の構造体とするとともに、その構造体の中性子源側を、中性子吸収遮蔽体で覆うことによって構成されたものが知られている（例えば、特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2014-055854号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

ところで、放射線を用いた技術の扱われる施設では、中性子源から発生する中性子によって、その施設の壁や床や天井等の構造体（例えば、コンクリート）自体が、放射化してしまうことが知られている。そのようにして放射化してしまった構造体は、一般廃棄物ではなく、放射性廃棄物として扱わねばならない。そして、放射性廃棄物は、一般廃棄物に比べ、処理が難しく、処理コストが大きい。

【0006】

しかし、特許文献1に記載のような構造体は、所定の空間に対して中性子源から発生する中性子を遮蔽することのみに着目したものである。すなわち、構造体そのものの放射化を低減することについては、考慮されていない。

10

【0007】

そのため、従来の構造体を用いた施設の廃止や再建造等を行う場合には、その構造体そのものが放射性廃棄物となってしまう、処理コストが増大してしまうという問題があった。

【0008】

また、従来の構造体は、新規施設が対象として設計されたものであり、既存の施設に後発的に適用することは難しいという問題があった。

【0009】

20

本発明は以上の点に鑑みてなされたものであり、既存の施設に容易に適用でき、放射性廃棄物の発生量を低減させることができる中性子遮蔽体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】**

上記目的を達成するために、本発明の中性子遮蔽体は、中性子源から発生する中性子を遮蔽する構造体の中性子源側に配置される中性子遮蔽体であって、前記中性子源側から順に、熱外中性子を熱中性子に変換する減速材層と、該熱中性子を遮蔽する遮蔽材層と、前記遮蔽材層の前記構造体側を被覆する構造体側被覆層とを備え、前記減速材層は、ポリオレフィン材料で形成され、前記構造体側被覆層は、アルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることを特徴とする。

30

【0011】

このように、本発明の中性子遮蔽体では、中性子源から発生する熱外中性子を、まず、ポリオレフィン材料で形成された減速材層によって熱中性子に変換する。次に、その熱中性子を、熱中性子断面積の大きい中性子遮蔽材で形成された遮蔽材層によって遮蔽する。そのため、本発明の中性子遮蔽体を設置することによって、構造体そのものに到達する中性子の量が低減され、構造体の放射化が低減される。

【0012】

また、本発明の中性子遮蔽体では、遮蔽材層の構造体側を、構造体側被覆層によって被覆し、遮蔽材層を外部環境から保護して、中性子遮蔽体の寿命の短縮化を防止している。そして、この構造体側被覆層は、放射化が生じにくいアルミニウム又はアルミニウム合金を用いて形成されている。そのため、この構造体側被覆層を設けたことによって、放射性廃棄物が大幅に増加することもない。

40

【0013】

ここで、遮蔽材層の材料としては、例えば、ボロン（天然又は ^{10}B を濃縮させたもの）、リチウム、カドミウム、ガリウム、ガドリニウム、ゲルマニウム、ウラン、金等を用いることができる。

【0014】

また、本発明の中性子遮蔽体の構造体側被覆層を形成するアルミニウム又はアルミニウム合金は、一般的に中性子遮蔽材よりも低コストであり、建材としての適性も高い。また、減速材層を形成するポリオレフィン材料は、他の減速材（水や黒鉛、コンクリート等）

50

に比べ、加工が容易であり、また、建材として優れた適性を持っている。さらに、減速材層を形成するポリオレフィン材料、及び、被覆層を形成するアルミニウム又はアルミニウム合金は、いずれも軽量であり、他の部材への接着や溶接等の接合が容易な材料である。そのため、既存の構造体に対して容易に適用することができる。

【0015】

したがって、本発明の中性子遮蔽体によれば、既存の施設に容易に適用して構造体の放射化を抑制するとともに、放射性廃棄物の発生量を低減させることができる。

【0016】

また、本発明の中性子遮蔽体においては、前記減速材層と前記遮蔽材層との間に、前記遮蔽材層の前記中性子源側を被覆する中性子源側被覆層を備え、前記中性子源側被覆層は、アルミニウム又はアルミニウム合金で形成されていることが好ましい。

10

【0017】

このように、遮蔽材層の中性子源側にも構造体側と同様の中性子源側被覆層を設ければ、遮蔽材層が被覆層に覆われるので、遮蔽材層がさらに確実に外部環境から保護されるようになる。その結果、中性子遮蔽材の劣化を防止できるようになるので、さらに、中性子遮蔽体の寿命の短縮化を防止しつつ、放射性廃棄物の発生量を低減させることができるようになる。

【0018】

また、本発明の中性子遮蔽体においては、前記遮蔽材層、前記構造体側被覆層及び前記中性子源側被覆層の厚さの合計は、2.5mmであり、前記減速材層の厚さは、30mm～130mmであるように構成するとよい。また、好ましくは、前記遮蔽材層の厚さは、2.5mmであり、前記減速材層の厚さは、40mm～80mmであるように構成するとよい。さらに好ましくは、前記遮蔽材層の厚さは、2.5mmであり、前記減速材層の厚さは、80mmであるように構成するとよい。

20

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】実施形態に係る中性子遮蔽体を適用した放射化低減構造体の構成を示す断面図。

【図2】図1の放射化低減構造体の中性子の遮蔽を示すイメージ図。

【図3】遮蔽体モデルの構成を示す模式図。

【図4】図3の遮蔽体モデルに対して行った中性子照射試験の結果を示すグラフ。

30

【図5】図4の試験結果から算出した中性子カット率を示すグラフであり、図3Aはポロンアルミ板を設置しなかった場合の比較用のグラフ、図3Bはポリエチレン板を40mmとした場合のグラフ、図3Cはポリエチレン板を80mmとした場合のグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、図面を参照して、実施形態に係る放射化低減構造体について説明する。

【0021】

まず、図1を参照して、放射化低減構造体1の構成について説明する。

【0022】

図1に示すように、放射化低減構造体1は、加速器ターゲット2（中性子源）から放出される中性子を遮蔽するコンクリート10（構造体）と、コンクリート10の加速器ターゲット2側に接合された中性子遮蔽体11とで構成されている。

40

【0023】

中性子遮蔽体11は、加速器ターゲット2側から順に、熱外中性子を熱中性子に変換するポリエチレン層11a（減速材層）と、第1アルミ層11b（加速器ターゲット側被覆層）と、熱中性子を遮蔽するポロンカーバイド層11c（遮蔽材層）と、第2アルミ層11d（構造体側被覆層）とを備えている。

【0024】

減速材層であるポリエチレン層11aは、ポリオレフィン材料であるポリエチレンで構成されている。なお、減速材層としては、ポリエチレンの他、ポリプロピレン等のポリオ

50

レフィン材料を用いてもよい。ポリエチレン層 1 1 a の厚さは、80 mm である。なお、その厚さは、少なくとも 20 mm 以上であればよく、加速器ターゲット 2 から発生する中性子量、又は、放射化低減構造体 1 の設置環境等に応じて適宜変更してもよい。

【0025】

第 1 アルミ層 1 1 b とボロンカーバイド層 1 1 c と第 2 アルミ層 1 1 d とは、ボロンアルミ板 (B₄C 30 wt % 含有) として一体的に形成されている。そのボロンアルミ板の厚さは、2.5 mm である。なお、その厚さは、加速器ターゲット 2 から発生する中性子量、又は、放射化低減構造体 1 の設置環境等に応じて適宜変更してもよい。

【0026】

第 1 アルミ層 1 1 b 及び第 2 アルミ層 1 1 d は、アルミニウムで形成されている。なお、アルミニウムに代わり、アルミニウムを主成分とするアルミニウム合金で形成してもよい。

10

【0027】

遮蔽材層であるボロンカーバイド層 1 1 c は、天然又は ¹⁰B を濃縮させたボロンを用いて形成されている。なお、遮蔽材層としては、ボロンカーバイドの他、リチウム、カドミウム、ガリウム、ガドリニウム、ゲルマニウム、ウラン、金等を用いてもよい。

【0028】

ポリエチレン層 1 1 a とボロンアルミ板 (すなわち、第 1 アルミ層 1 1 b)、及び、ボロンアルミ板 (すなわち、第 2 アルミ層 1 1 d) とコンクリート 1 0 は、アルキル - シアノアクリレートを主成分とする化学反応型の瞬間接着剤で接合されている。なお、このような瞬間接着剤に代わり、接着シートを用いて接合してもよい。また、ポリエチレン層 1 1 a を構成しているポリエチレンや第 1 アルミ層 1 1 b 及び第 2 アルミ層 1 1 d を形成しているアルミニウムは、機械加工が容易な材料であるので、それぞれの接着面に加工を施して係合等させて接合してもよい。

20

【0029】

なお、放射化低減構造体 1 では、ポリエチレン層 1 1 a とボロンアルミ板との接合性を向上させるとともに、ボロンカーバイド層 1 1 c を外部環境から保護するために、第 1 アルミ層 1 1 b を設けている。しかし、第 1 アルミ層 1 1 b は省略してもよい。

【0030】

次に、図 2 を参照して、放射化低減構造体 1 による中性子の遮蔽について説明する。

30

【0031】

加速器ターゲット 2 等から発生した熱中中性子は、まず、ポリエチレンで形成されたポリエチレン層 1 1 a によって熱中中性子に変換される。次に、その熱中中性子は、第 1 アルミ層 1 1 b を透過し、熱中中性子断面積の大きいボロンカーバイド層 1 1 c によって、その多くが遮蔽される。その後、遮蔽されきれなかった熱中中性子は、第 2 アルミ層 1 1 d を透過して、コンクリート 1 0 によって遮蔽される。

【0032】

次に、図 3 ~ 図 5 を参照して、放射化低減構造体 1 を用いて行った中性子照射試験の結果について説明する。

【0033】

本試験では、サイクロトロンの運転を行う施設内に遮蔽体モデル 3 を設置して行った。サイクロトロンとしては、ビームエネルギー 1.8 MeV、ビームカレント 45 μA のものを用いており、照射時間は 80 分とした。

40

【0034】

遮蔽体モデル 3 は、図 3 に示すように、8 枚のポリエチレン板 3 0 と、ボロンアルミ板 3 1 と、試験体 3 2 とで構成されている。

【0035】

減速材層に相当する各ポリエチレン板 3 0 は、高さ 300 mm、幅 400 mm、厚さ 20 mm となるように構成されている。

【0036】

50

遮蔽材層及びそれを挟み込む被覆層に相当するボロンアルミ板 3 1 は、隣接するポリエチレン板 3 0 のいずれかの位置に挿入されるようにして配置される。ボロンアルミ板 3 1 は、高さ 3 0 0 mm、幅 4 0 0 mm、厚さ 2 . 5 mm、その組成は、 $B_4 C_{30} wt \%$ である。

【 0 0 3 7 】

試験体 3 2 は、金箔を用いている。試験体 3 2 は、各ポリエチレン板 3 0 の中心位置に貼り付けられており、その大きさは 6 . 0 mm である。

【 0 0 3 8 】

本試験では、上記のように構成した遮蔽体モデル 3 を用いて、ボロンアルミ板 3 1 の挿入位置を変化させて複数回の試験を行い、その試験ごとに全試験体 3 2 の相対放射能を算出した。

10

【 0 0 3 9 】

具体的には、以下の 4 つの条件で試験を行った。

条件 1 : ボロンアルミ板 3 1 を挿入しなかった場合

条件 2 : ボロンアルミ板 3 1 を加速器ターゲットとなるサイクロトロン側から 2 枚目と 3 枚目のポリエチレン板 3 0 の間に挿入した場合 (すなわち、減速材層を 4 0 mm とした場合)

条件 3 : ボロンアルミ板 3 1 を加速器ターゲットとなるサイクロトロン側から 4 枚目と 5 枚目のポリエチレン板 3 0 の間に挿入した場合 (すなわち、減速材層を 8 0 mm とした場合)

20

条件 4 : ボロンアルミ板 3 1 を加速器ターゲットとなるサイクロトロン側から 6 枚目と 7 枚目のポリエチレン板 3 0 の間に挿入した場合 (すなわち、減速材層を 1 2 0 mm とした場合)

その試験結果のグラフを図 4 に示す。このグラフに基づいて、ボロンアルミ板 3 1 を挿入しなかった場合 (条件 1) を基準として、各条件における相対放射能積分値を比較して、中性子カット率を算出した。

【 0 0 4 0 】

その算出結果のグラフを図 5 に示す。図 5 A に示すように、ボロンアルミ板 3 1 を挿入しなかった場合 (条件 1) では、最大放射能 (グラフ中 印で示した値) は 1 . 4 0 となった。

30

【 0 0 4 1 】

これに対し、図 5 B に示すように、減速材層が 4 0 mm となる位置にボロンアルミ板 3 1 を挿入した場合 (条件 2) には、最大相対放射能 (グラフ中 印で示した値) は 0 . 1 9 6 となった。すなわち、ボロンアルミ板 3 1 を挿入しなかった場合 (条件 1) と比較し、中性子カット率は 8 5 % となった。

【 0 0 4 2 】

また、図 5 C に示すように、減速材層が 8 0 mm となる位置にボロンアルミ板 3 1 挿入した場合 (条件 3) には、最大相対放射能 (グラフ中 印で示した値) は 0 . 0 4 9 となった。すなわち、ボロンアルミ板 3 1 を挿入しなかった場合 (条件 1) と比較し、中性子カット率は 9 6 % となった。

40

【 0 0 4 3 】

以上の試験結果より、減速材としてポリエチレンを用いるとともに、遮蔽材としてボロンアルミを用いた場合には、構造体に到達する中性子を大幅にカットできることが判明した。

【 0 0 4 4 】

また、ボロンアルミの厚さが 2 . 5 mm である場合、図 4 のグラフの傾斜に基づけば、ポリエチレン層の厚さは、3 0 mm ~ 1 3 0 mm、好ましくは 4 0 mm ~ 8 0 mm、さらに好ましくは 8 0 mm 程度とすると、厚さに対する中性子カット率が良好となることが判明した。また、8 0 mm 程度であれば建材としても使用がしやすい。

【 0 0 4 5 】

50

以上説明したように、放射化低減構造体 1 では、ポリエチレン層 1 1 a 及びボロンカーバイド層 1 1 c によって、施設の構造体として用いられるコンクリート 1 0 に到達する中性子の量が低減されているので、コンクリート 1 0 の放射化が低減されている。

【 0 0 4 6 】

また、放射化低減構造体 1 の中性子遮蔽体 1 1 では、ポリエチレン層 1 1 a の構造体側を、第 2 アルミ層 1 1 d によって被覆し、ポリエチレン層 1 1 a を外部環境から保護して、ボロンカーバイド層 1 1 c の寿命の短縮化を防止している。そして、この第 2 アルミ層 1 1 d は、放射化が生じにくいアルミニウムを用いて形成されている。そのため、この第 2 アルミ層 1 1 d を設けたことによって、放射性廃棄物が大幅に増加することもない。

【 0 0 4 7 】

また、第 2 アルミ層 1 1 d を形成するアルミニウム又はアルミニウム合金は、一般的に中性子遮蔽材よりも低コストであり、建材としての適性も高い。また、ポリエチレン層 1 1 a を形成するポリオレフィン材料は、他の減速材（水や黒鉛、コンクリート等）に比べ、加工が容易であり、また、建材として優れた適性を持っている。さらに、ポリエチレン層 1 1 a を形成するポリエチレン、及び、第 2 アルミ層 1 1 d を形成するアルミニウムは、いずれも軽量であり、他の部材への接着や溶接等の接合が容易な材料である。そのため、既存の構造体に対して容易に適用することができる。

【 0 0 4 8 】

したがって、中性子遮蔽体 1 1 によれば、既存の施設に容易に適用して構造体の放射化を抑制するとともに、放射性廃棄物の発生量を低減させることができる。

【 0 0 4 9 】

そのため、このように構成された中性子遮蔽体を用いて構成された放射化低減構造体は、例えば、PET 薬剤製造用の加速器施設等の建設等に対し、特に好適に用いることができる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 0 】

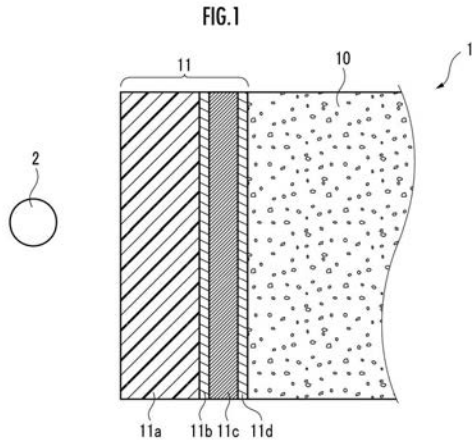
1 ... 放射化低減構造体、 2 ... 加速器ターゲット（中性子源）、 3 ... 遮蔽体モデル、 4 ... ボロンアルミ板、 1 0 ... コンクリート（構造体）、 1 1 ... 中性子遮蔽体、 1 1 a ... ポリエチレン層（減速材層）、 1 1 b ... 第 1 アルミ層（加速器ターゲット側被覆層）、 1 1 c ... ボロンカーバイド層（遮蔽材層）、 1 1 d ... 第 2 アルミ層（構造体側被覆層）。

10

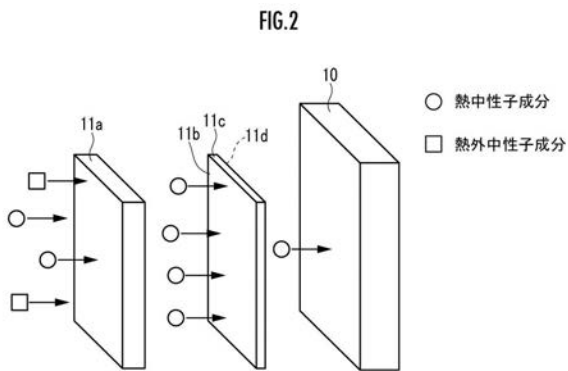
20

30

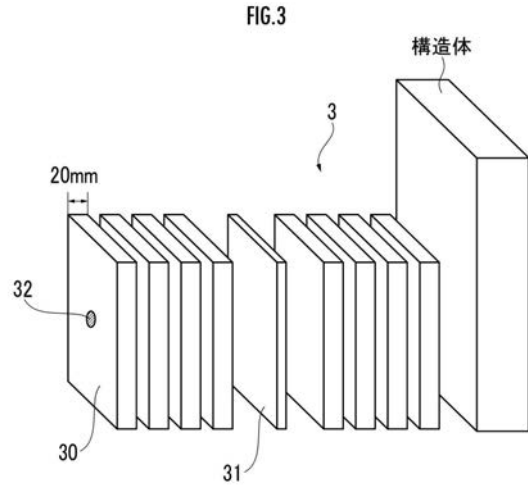
【 図 1 】



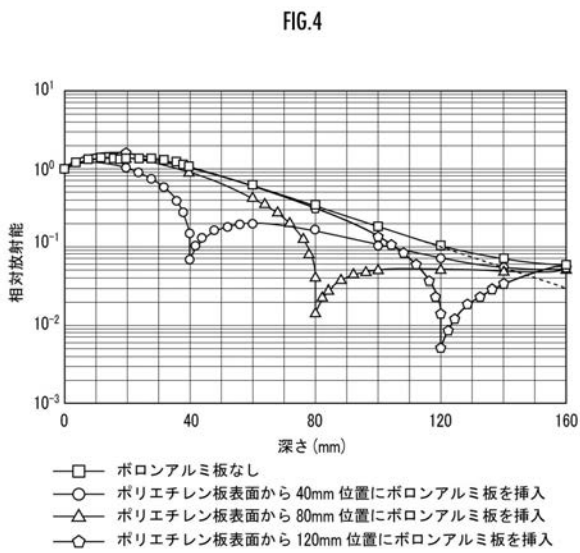
【 図 2 】



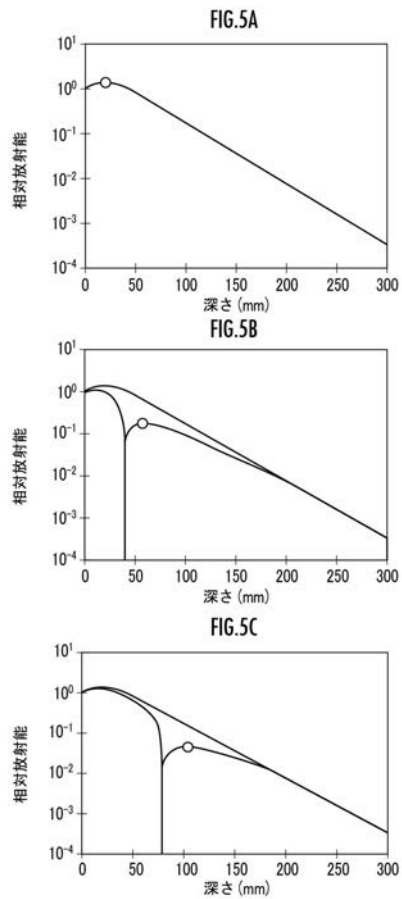
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



フロントページの続き

- (72)発明者 江原 孝昌
東京都港区芝4丁目11番3号 株式会社アトックス内
- (72)発明者 山下 大地
東京都港区芝4丁目11番3号 株式会社アトックス内
- (72)発明者 坂本 幸夫
千葉県柏市高田1201 株式会社アトックス 技術開発センター内
- (72)発明者 榎本 和義
茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
- (72)発明者 松村 宏
茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内
- (72)発明者 豊田 晃弘
茨城県つくば市大穂1番地1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内