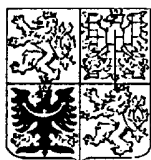


(19)

ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **3081-95**

(22) Přihlášeno: **24. 05. 94**

(30) Právo přednosti:
14. 06. 93 FI 93/932711

(40) Zveřejněno: **17. 04. 96**
(Věstník č. 4/96)

(47) Uděleno: **07. 04. 99**

(24) Oznámeno udělení ve Věstníku: **16. 06. 99**
(Věstník č. 6/99)

(86) PCT číslo: **PCT/FI94/00206**

(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 94/29881**

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.⁶:

G 21 K 1/00

G 21 C 5/00

A 61 N 5/10

(73) Majitel patentu:

VALTION TEKNILLINEN
TUTKIMUSKESKUS, Espoo, FI;

(72) Původce vynálezu:

Hiismäki Pekka, Espoo, FI;
Auterinen Iiro, Helsinki, FI;

(74) Zástupce:

Čermák Karel Dr., Národní 32, Praha 1,
11000;

(54) Název vynálezu:

Materiál moderátoru pro zpomalování
vysokorychlostních neutronů a použití
tohoto materiálu

(57) Anotace:

Materiál moderátoru je určen pro zpomalování vysokorychlostních neutronů, zejména neutronů, pocházejících ze štěpení, na epitermální neutrony. Základními komponentami materiálu moderátoru jsou fluorid hlinitý a hliníkový kov, které jsou přetvořeny do hustého kompozitního materiálu, prostého pórů. Materiál obsahuje 20 až 50 % objemových hliníkového kovu a 80 až 50 % objemových fluoridu hlinitého. Tento materiál moderátoru se používá například při terapii rakovinných nádorů zachycováním neutronů borem.

Materiál moderátoru pro zpomalování vysokorychlostních neutronů a použití tohoto materiálu

5 Oblast techniky

Vynález se týká materiálu moderátoru, použitého pro zpomalování vysokorychlostních neutronů, zejména neutronů, pocházejících ze štěpení, na takzvané epitermální neutrony.

10 Vynález se dále týká nového použití tohoto materiálu moderátoru neutronů.

Dosavadní stav techniky

15 Dosavadní stav techniky je uveden v materiálech Proceedings of an International Workshop on Neutron Beam Design, Development, and Performance for Neutron Capture Therapy, z konference konané 29. až 31. března 1989 v Massachusetts Institute of Technology v Cambridge, stát Massachusetts, vydaných Otto K. Harlingem, Johnem A. Bernardem a Robertem G. Zamenhofem v nakladatelství Plenum Press, New York.

20 Terapie zachycováním neutronů borem, boron neutron capture therapy – BNCT, je založena na tom, že do krevního oběhu pacienta se podává činidlo, které si vyhledá cestu do rakovinné tkáně a k jehož molekulových komponentám byly připojeny molekulové komponenty, obsahující atomy boru. Tok neutronů je usměrněn do místa rakovinné tkáně, přičemž neutrony zmíněného
25 toku neutronů jsou absorbovány borem a rozštěpení bor na lithium a helium, které ničí rakovinné buňky velmi přesně, avšak které velmi málo ničí ostatní tkáň.

Při terapii BNCT platí následující vzorec zachycování neutronů:

30 $^{10}\text{B} + n > ^7\text{Li} + \alpha + 2,79 \text{ MeV} (6,1 \%)$
 $> ^7\text{Li}^* + \alpha + 2,31 \text{ MeV} (93,9 \%)$
 $> ^7\text{Li} + \gamma + 0,48 \text{ MeV}$

35 Terapie zachycováním neutronů borem představuje pro pacienta velmi malou zátěž. Chirurgická operace a anestézie nejsou zapotřebí. Pro léčitelský tým se radiační zatížení neliší žádným způsobem od provádění běžné radiologické terapie.

Při terapii BNCT se doposud používají pomalé neboli tepelné či termální neutrony, které mají
40 hloubku vniknutí tak malou, že pro dobu terapie je zapotřebí otevřít pacientovu lebku. Naproti tomu epitermální neutrony o vysoké rychlosti nejsou zpomalovány pro zachycování atomů boru, dokud nejsou uvnitř hlavy, což znamená, že v tomto případě není zapotřebí lebku otevřít.

Při terapii zachycováním neutronů borem byly konány pokusy pro vytvoření rozložení toku tepelných neutronů v oblasti léčené části těla, například hlavy, přičemž toto rozložení toku má
45 mít spíše široké maximum dostatečně hluboko v léčené oblasti. Je dobře známé, že tento úkol je nejlépe splněn tehdy, když epitermální neutrony procházejí z vnějšího zdroje do léčené části těla, přičemž tyto neutrony nejsou termalizovány do té doby, dokud nejsou uvnitř těla. Nejvhodnějším zdrojem neutronů pro léčebné účely je výzkumný reaktor, který primárně produkuje vysoko-
50 rychlostní neutrony, pocházející ze štěpení. Tyto neutrony musí být regulovaně zpomaleny na epitermální neutrony, to jest na energii v rozsahu od 1 eV do 10 keV, takže podíl vysoko-
rychlostních neutronů zůstává dostatečně nízký. Jak je známé, bylo na materiál moderátoru navrhováno mnoho různých materiálů, jako například hliníkový kov, oxid hlinitý, fluorid hlinitý, silikon a ekvivalenty.

Fluorid hlinitý je sublimující sloučeninou, která je k dostání ve formě porézního prášku, avšak bez níž není možno připravit hustý materiál prostý pórů. Poréznost je v principu nevýhodná, protože zvyšuje nutnost zvětšování tloušťky materiálu a oddaluje místo léčení nepřiměřeně daleko od primárního zdroje, čímž se snižuje užitečná intenzita, které může být dosaženo.

5

Úkolem vynálezu proto je vytvořit nový materiál moderátoru pro zpomalování neutronů, pomocí něhož se odstraní výše uvedené nevýhody.

10 Podstata vynálezu

Tento úkol splňuje materiál moderátoru pro zpomalování vysokorychlostních neutronů, zejména neutronů, pocházejících ze štěpení, na epitermální neutrony, podle tohoto vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že základními komponentami materiálu moderátoru jsou fluorid hlinitý a hliníkový kov, zpracované do hustého kompozitního materiálu, v podstatě prostého pórů. Nejvhodnější je, že tento materiál obsahuje 20 až 50 % objemových hliníkového kovu a 80 až 50 % objemových fluoridu hlinitého. V bloku materiálu moderátoru je s výhodou vytvořena z hliníkového kovu souvislá trojrozměrná síťová matrice, uvnitř níž jsou zbylé prostory v podstatě úplně vyplněny fluoridem hlinitým. Do materiálu může být přidána látka, která absorbuje tepelné neutrony a nevytváří gama záření o vysoké energii, které se obtížně zeslabuje, například fluorid lithný, nejlépe v množství asi 1 % objemové. Tento materiál je nejvýhodnější použít při terapii rakovinných nádorů zachycováním neutronů, zejména borem. Použití tohoto materiálu je výhodné, když vycházejí epitermální neutrony z vnějšího zdroje do léčené části těla a když tyto neutrony nejsou termalizovány do té doby, dokud nejsou uvnitř těla. Použití tohoto materiálu je však zvláště výhodné v případě, když je zdrojem neutronů výzkumný reaktor, který primárně produkuje vysokorychlostní neutrony, pocházející ze štěpení, které jsou regulovaně zpomalovány na epitermální neutrony na energii v rozsahu od 1 eV do 10 eV, takže poměr vysokorychlostních neutronů zůstává dostatečně nízký.

Při použití materiálu moderátoru podle tohoto vynálezu není třeba zvyšovat jeho tloušťku, což značí, že jeho použitím ani nedochází ke snižování jeho užitečné intenzity.

Přehled obrázků na výkresech

35

Vynález bude dále objasněn na příkladném provedení podle přiloženého výkresu, na němž se schematicky znázorněn výzkumný reaktor s materiálem moderátoru podle vynálezu.

40 Příklady provedení vynálezu

Na obrázku je znázorněn výzkumný reaktor, použitý pro terapii BNCT. Jak je obvyklé, sestává reaktor z aktivní zóny 10, z grafitového reflektoru 11, obklopujícího aktivní zónu 10, a z nádrže 12 s hliníkovými stěnami, která je naplněna vodou. Stanice BNCT vznikne nahrazením grafitu, který je umístěn kolem aktivní zóny 10 v takzvaném tepelném sloupci, blokem 15 materiálu moderátoru, který vyžaduje epitermální svazek, a který je proveden z materiálu moderátoru podle vynálezu, se stíněním neboli štítem 13 proti gama záření. Pacient P, v jehož hlavě H má být ozařován rakovinný nádor, je obklopen olověným štítem 14 a štítem 17 z deuteria/lithia proti epitermálním neutronům. Reaktor má betonový rám 16. Aby mohl být pacient P umístěn ve svazku neutronů co nejvolněji, je tepelný sloupec rozšířen ve vodorovném směru rozříznutím betonové stěny reaktoru. Radiační prostor R je stíněn štíty 17 a 13 a izolován od hlavy reaktoru bloky těžkého betonu, obsahujícího bor.

Podle provedených výpočtů je materiál moderátoru pro blok 15 materiál, jehož atomový poměr hliníku k fluoru je zřetelně větší než atomový poměr 1:3 ve fluoridu hlinitém. Tohoto cíle se dosáhne přípravou kompozitního materiálu, v němž jsou póry fluoridu hlinitého vyplněny hliníkovým kovem. Výroba tohoto kompozitního materiálu se provádí například pomocí
 5 takzvané techniky HIP, což je izostatické lisování za tepla. V případě potřeby se může do kompozitního materiálu přidat malé množství substance, která absorbuje tepelné neutrony, jako je lithium, například ve formě fluoridu lithného, když je zapotřebí zbavit se komponenty tepelných neutronů bez současného vytváření obtížně zeslabitelného intenzivního gama záření.

10 V materiálu moderátoru podle vynálezu je s výhodou množství hliníku v rozsahu od 20 do 50 % objemových a množství fluoridu hlinitého v rozsahu od 80 do 50 % objemových. Při tomto rozsahu směšovacího poměru hliníku s fluoridem hlinitým se v bloku 15 materiálu moderátoru vytvoří spojená a souvislá trojrozměrná síťová matrice z hliníkového kovu, která udržuje blok 15 materiálu moderátoru pohromadě a v níž se všechny vnitřní prostory zcela hustě vyplní fluoridem hlinitým. Množství fluoridu lithného, který absorbuje tepelné neutrony, je s výhodou asi
 15 1 % objemové.

Blok 15 materiálu moderátoru podle vynálezu má obvykle rozměry 700 x 1000 x 1000 mm, přičemž jeho rozměr L_2 má hodnotu asi $L_2 \approx 700$ mm. Rozměry L_1 a L_3 mají obvykle velikost $L_1 \approx 1050$ mm a $L_3 \approx 1000$ mm.
 20

25 PATENTOVÉ NÁROKY

1. Materiál moderátoru pro zpomalování vysokorychlostních neutronů, zejména neutronů, pocházejících ze štěpení, na epitermální neutrony, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že základními
 30 komponentami materiálu moderátoru jsou fluorid hlinitý a hliníkový kov, zpracované do hustého kompozitního materiálu, v podstatě prostého pórů.

2. Materiál moderátoru podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že obsahuje 20 až 50 % objemových hliníkového kovu a 80 až 50 % objemových fluoridu hlinitého.
 35

3. Materiál moderátoru podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že v bloku materiálu moderátoru je vytvořena z hliníkového kovu souvislá trojrozměrná síťová matrice, uvnitř níž jsou zbylé prostory v podstatě úplně vyplněny fluoridem hlinitým.

40 4. Materiál moderátoru podle jednoho z nároků 1 až 3, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že do materiálu je přidána látka, která absorbuje tepelné neutrony a nevytváří gama záření o vysoké energii, které se obtížně zeslabuje, jako fluorid lithný.

5. Materiál moderátoru podle nároku 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že do materiálu moderátoru je přidán fluorid lithný v množství asi 1 % objemové.
 45

6. Použití materiálu moderátoru podle jednoho z nároků 1 až 5 při terapii rakovinných nádorů zachycováním neutronů.

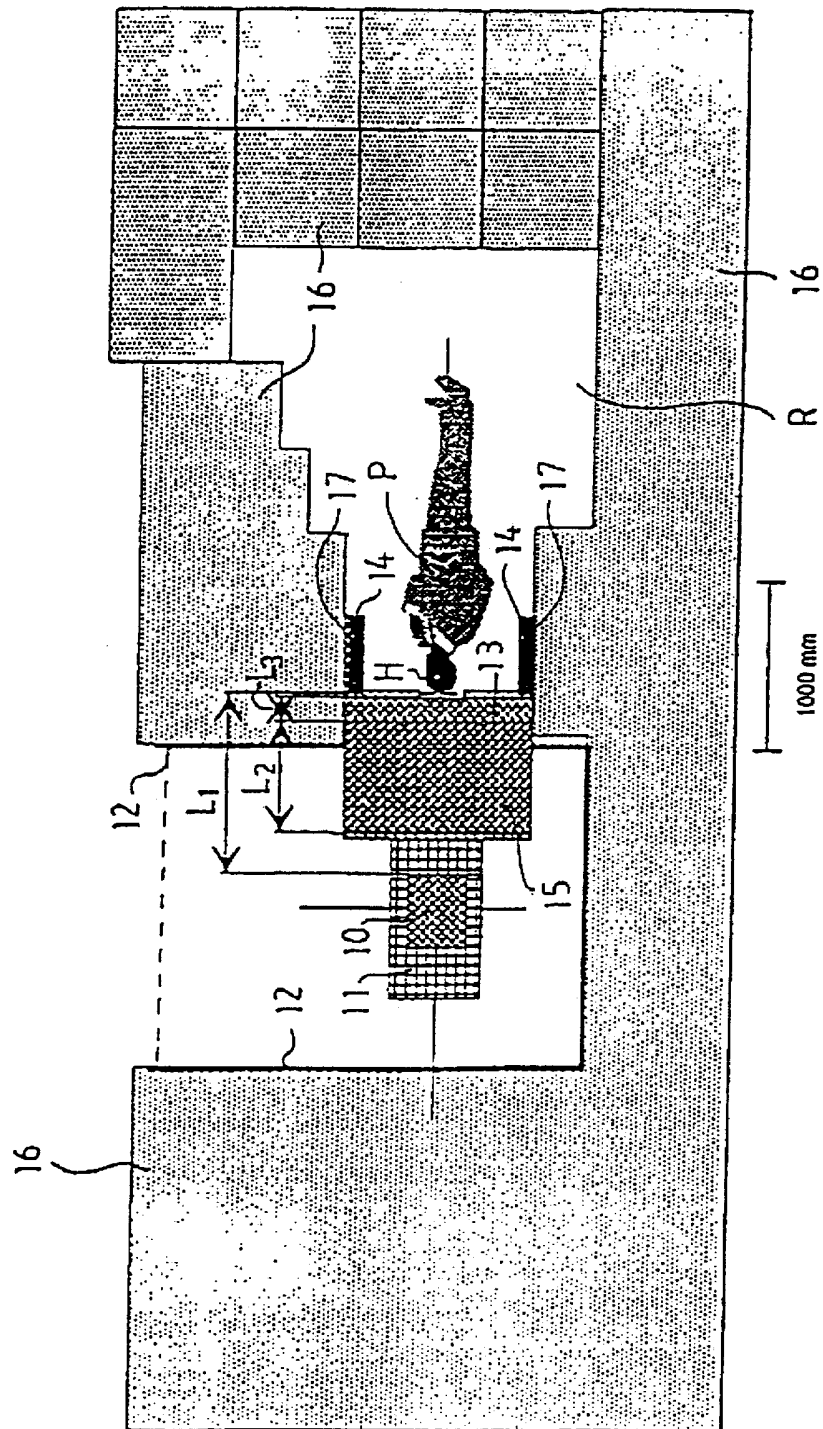
50 7. Použití podle nároku 6 při terapii zachycování neutronů borem.

8. Použití materiálu moderátoru podle jednoho z nároků 1 až 5, při němž vycházejí epitermální neutrony z vnějšího zdroje do léčené části těla, přičemž tyto neutrony nejsou termalizovány do té doby, dokud nejsou uvnitř těla.

- 5 9. Použití podle jednoho z nároků 6 až 8, při němž je zdrojem neutronů výzkumný reaktor, který primárně produkuje vysokorychlostní neutrony, pocházející ze štěpení, které jsou regulovaně zpomalovány na epitermální neutrony na energii v rozsahu od 1 eV do 10 keV, takže poměr vysokorychlostních neutronů zůstává dostatečně nízký.

10

1 výkres



Konec dokumentu