(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2019 年 6 月 20 日 (20.06.2019)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2019/114307 A1

(51) 国际专利分类号:
A61N 5/10 (2006.01) *G21K 1/00* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/100787

(22) 国际申请日: 2018 年 8 月 16 日 (16.08.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201711347618.5 2017年12月15日 (15.12.2017) CN
201721763785.3 2017年12月15日 (15.12.2017) CN

(71) 申请人: 南京中硼联康医疗科技有限公司 (**NEUBORON MEDTECH LTD.**) [CN/CN]; 中国江苏省南京江宁区龙眠大道568号12栋3楼 刘伟伟, Jiangsu 211112 (CN)。

(72) 发明人: 刘渊豪 (**LIU, Yuan-hao**); 中国江苏省南京市江宁区龙眠大道568号12号楼3楼, Jiangsu 211112 (CN)。 卢威骅 (**LU, Wei-hua**); 中国江苏省南京市江宁区龙眠大道568号12号楼3楼, Jiangsu 211112 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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。

(54) **Title:** NEUTRON CAPTURE THERAPY SYSTEM

(54) 发明名称: 中子捕获治疗系统

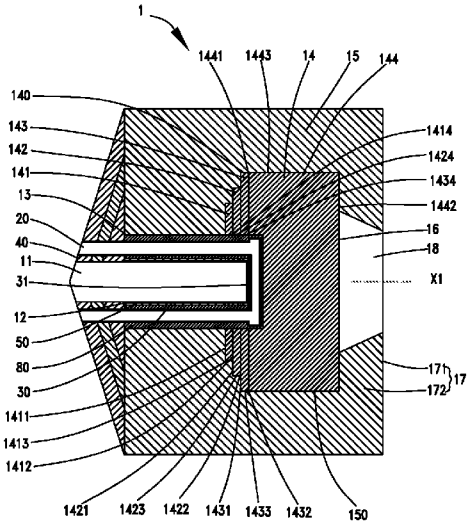


图1

(57) **Abstract:** The present application provides a neutron capture treatment system, comprising a beam shaping body and a vacuum tube arranged in the beam shaping body, wherein the beam shaping body comprises a beam inlet, a receiving chamber for accommodating the vacuum tube, a retarding body adjacent to the end of the receiving chamber, a reflector surrounded by the retarding body, a radiation shield arranged inside the beam shaping body, and a beam exit, the end of the vacuum tube is provided with a target material, the target material reacts with a charged particle beam incident from the beam inlet to generate neutrons, the neutrons then form a neutron beam, and the neutron beam exits the beam exit and defines a neutron beam axis, the retarding body decelerates the neutrons generated from the target material to a superheated neutron energy region, the reflector guides deviated neutrons back to the retarding body, the radiation shield is used to shield leaking neutrons and photons, the retarding body comprises at least two cylindrical retarding bodies having different outer diameters, the retarding body has a first end adjacent the beam inlet and a second end adjacent the beam exit,

WO 2019/114307 A1

[见续页]

(84) 指定国(除另有指明，要求每一种可提供的地区保护)：ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (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)。

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

and the target material is received between the first end and the second end.

(57) 摘要：本申请提供一种中子捕获治疗系统，其包括射束整形体、设置于射束整形体内的真空管，射束整形体包括射束入口、容纳真空管的容纳腔、邻接于容纳腔端部的缓速体、包围在缓速体外的反射体、设置在射束整形体内的辐射屏蔽和射束出口，真空管端部设有靶材，靶材与自射束入口入射的带电粒子束发生核反应以产生中子，中子形成中子射束，中子射束自射束出口射出并限定一根中子射束轴线，缓速体将自靶材产生的中子减速至超热中子能区，反射体将偏离的中子导回至缓速体，辐射屏蔽用于屏蔽渗漏的中子和光子，缓速体至少包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，缓速体具有靠近射束入口的第一端部和靠近射束出口的第二端部，靶材容纳在第一端部和第二端部之间。

中子捕获治疗系统

技术领域

本发明涉及一种放射性射线辐照系统，尤其涉及一种中子捕获治疗系统。

背景技术

随着原子科学的发展，例如钴六十、直线加速器、电子射束等放射线治疗已成为癌症治疗的主要手段之一。然而传统光子或电子治疗受到放射线本身物理条件的限制，在杀死肿瘤细胞的同时，也会对射束途径上大量的正常组织造成伤害；另外由于肿瘤细胞对放射线敏感程度的不同，传统放射治疗对于较具抗辐射性的恶性肿瘤（如：多行性胶质母细胞瘤（glioblastoma multiforme）、黑色素细胞瘤（melanoma））的治疗成效往往不佳。

为了减少肿瘤周边正常组织的辐射伤害，化学治疗（chemotherapy）中的标靶治疗概念便被应用于放射线治疗中；而针对高抗辐射性的肿瘤细胞，目前也积极发展具有高相对生物效应（relative biological effectiveness, RBE）的辐射源，如质子治疗、重粒子治疗、中子捕获治疗等。其中，中子捕获治疗便是结合上述两种概念，如硼中子捕获治疗，借由含硼药物在肿瘤细胞的特异性集聚，配合精准的中子射束调控，提供比传统放射线更好的癌症治疗选择。

因硼中子捕获治疗的成效取决于肿瘤细胞位置含硼药物浓度和热中子数量，故又被称为二元放射线癌症治疗（binary cancer therapy）；由此可知，除了含硼药物的开发，中子射源通量与品质的改善在硼中子捕获治疗的研究中占有重要角色。

此外，放射线治疗过程中会产生各种放射线，如硼中子捕获治疗过程产生低能至高能的中子、光子，这些放射线可能会对人体正常组织造成不同程度的损伤。因此在放射线治疗领域，如何在达到有效治疗的同时减少对外界环境、医务人员或患者正常组织的辐射污染是一个极为重要的课题。

因此，有必要提出一种新的技术方案以解决上述问题。

发明内容

为了解决上述问题，本申请的一个实施例提供一种中子捕获治疗系统，中子捕获治疗系统包括射束整形体、设置于射束整形体内的真空管，射束整形体包括射束入口、容纳真空管的容纳腔、邻接于容纳腔端部的缓速体、包围在缓速体外的反射体、设置在射束整形体内的辐射屏蔽和射束出口，真空管端部设有靶材，靶材与自射束入口入射的带电粒子束发生核反应以产生中子，中子形成中子射束，中子射束自射束出口射出并限定一根中子射束轴线，缓速体将自靶材产生的中子减速至超热中子能区，反射体将偏离的中子导回至缓速体以提高超热中子射束强度，辐射屏蔽用于屏蔽渗漏的中子和光子以减少非照射区的正常组织剂量，缓

速体至少包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，缓速体具有靠近射束入口的第一端部和靠近射束出口的第二端部，靶材容纳在第一端部和第二端部之间。

与现有技术相比，本实施例记载的技术方案具有以下有益效果：缓速体包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，且靶材容纳在缓速体内，能够降低材料成本且大大降低快中子的强度，改善中子射束品质。

进一步地，缓速体包括靠近射束入口的第一缓速体和与第一缓速体紧密贴合且靠近射束出口的第二缓速体，第一缓速体至少包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，射束入口、缓速体和射束出口均沿着中子射束轴线延伸，靶材到射束出口的距离小于第一端部到射束出口的距离。

优选地，第一缓速体包括三个外直径不同的圆柱体状缓速体，第一缓速体包括靠近射束入口的第一缓速部、与第一缓速部紧密贴合的第二缓速部及与第二缓速部紧密贴合的第三缓速部，第一、第二、第三缓速部沿中子射束轴线方向依次排列，第一、第二、第三缓速部与第二缓速体的外直径分别为第一、第二、第三、第四外直径，第一外直径小于第二外直径，第二外直径小于第三外直径，第三外直径等于第四外直径。

进一步地，第一缓速部具有靠近射束入口的第一前端面、靠近射束出口的第一后端面及第一外圆周面；第二缓速部具有与第一后端面紧密贴合的第二前端面、靠近射束出口的第二后端面及第二外圆周面；第三缓速部具有与第二后端面紧密贴合的第三前端面、靠近射束出口的第三后端面及第三外圆周面；第二缓速体具有与第三后端面紧密贴合的第四前端面、靠近射束出口的第四后端面及第四外圆周面，第一、第二、第三、第四前端面及第一、第二、第三、第四后端面之间相互平行且均与中子射束轴线垂直，穿过中子射束轴线的切面与第一外圆周面的交线与第二前端面垂直，穿过中子射束轴线的切面与第二外圆周面的交线与第三前端面垂直。

进一步地，在穿过中子射束轴线的切面内，第一前端面与第一外圆周面相交得到第一交点，第二前端面与第二外圆周面相交得到第二交点，第三前端面与第三外圆周面相交得到第三交点，第一、第二、第三交点位于同一条直线上。

优选地，容纳腔与真空管之间填充反射补偿体，反射补偿体为铅或Al或铁氟龙或C。

优选地，第一端部沿着中子射束轴线往射束入口的方向突出于靶材，第二端部沿着中子射束轴线往射束出口的方向突出于靶材。

进一步地，反射体在中子射束轴线的两侧均凸出缓速体，容纳腔包括由反射体围设而成的的反射体容纳腔及自反射体容纳腔延伸由缓速体围设而成的缓速体容纳腔，真空管包括容纳在反射体容纳腔内的延伸段及自延伸段延伸并容纳在缓速体容纳腔内的嵌入段，靶材设于

嵌入段的端部。

进一步地，中子捕获治疗系统还包括至少一个冷却装置，射束整形体内设有至少一个容纳冷却装置的容纳管道，冷却装置与容纳管道的内壁之间填充有铅合金或铝合金。

进一步地，中子捕获治疗系统还包括设于射束入口并与射束整形体紧密贴合设置的屏蔽体。

本申请实施例中所述的“锥体”或“锥状体”是指沿着图示方向的一侧到另一侧其外轮廓的整体趋势逐渐变小的结构，外轮廓的整个表面可以是圆滑过渡的，也可以是非圆滑过渡的，如在圆锥状体表面做了很多凸起和凹槽。

附图说明

图 1 是本申请实施例一中的中子捕获治疗系统的示意图，其中，冷却装置的第二冷却部和第三冷却部与中子射束轴线平行；

图 2 是本申请实施例一中的未填充反射补偿体和反射补偿物的中子捕获治疗系统的示意图；

图 3 是本申请实施例一中的沿图 1 中垂直于中子射束轴线并穿过第二缓速部的中子捕获治疗系统的剖视图；

图 4 是本申请实施例二中的中子捕获治疗系统的示意图，其中，缓速体设置成双锥状缓速体；

图 5 是本申请实施例一、二中的中子捕获治疗系统的冷却装置的局部放大示意图；

图 6 是本申请实施例三中的中子捕获治疗系统的示意图，其中，冷却装置的第二冷却部和第三冷却部与中子射束轴线垂直；

图 7 是本申请实施例中的中子捕获治疗系统中的靶材结构示意图；

图 8 是本申请实施例四中去除冷却装置且靶材未伸入缓速体的中子捕获治疗系统的示意图；

图 9 是本申请实施例五中去除冷却装置且第一缓速体为无阶缓速体的中子捕获治疗系统的示意图；

图 10 是本申请实施例六中去除冷却装置且第一缓速体为 2 阶缓速体的中子捕获治疗系统的示意图；

图 11 是本申请实施例七中去除冷却装置且第一缓速体为 4 阶缓速体的中子捕获治疗系统的示意图；

图 12 是本申请实施例八中去除冷却装置且第一缓速体为 10 阶缓速体的中子捕获治疗系统的示意图；

具体实施方式

中子捕获治疗作为一种有效的治疗癌症的手段近年来的应用逐渐增加，其中以硼中子捕

获治疗最为常见，供应硼中子捕获治疗的中子可以由核反应堆或加速器供应。本申请的实施例以加速器硼中子捕获治疗为例，加速器硼中子捕获治疗的基本组件通常包括用于对带电粒子（如质子、氘核等）进行加速的加速器、中子产生部与热移除系统以及射束整形体。其中加速带电粒子与金属中子产生部作用产生中子，依据所需的中子产率与能量、可提供的加速带电粒子能量与电流大小、金属中子产生部的物化性等特性来挑选合适的核反应。常被讨论的核反应有 $^{7}Li(p,n)^{7}Be$ 及 $^{9}Be(p,n)^{9}B$，这两种反应皆为吸热反应，两种核反应的能量阈值分别为1.881MeV和2.055MeV。由于硼中子捕获治疗的理想中子源为keV能量等级的超热中子，理论上若使用能量仅稍高于阈值的质子轰击金属锂中子产生部，可产生相对低能的中子，不须太多的缓速处理便可用于临床，然而锂金属（Li）和铍金属（Be）两种中子产生部与阈值能量的质子作用截面不高，为产生足够大的中子通量，通常选用较高能量的质子来引发核反应。

理想的靶材应具备高中子产率、产生的中子能量分布接近超热中子能区（将在下文详细描述）、无太多强穿辐射产生、安全便宜易于操作且耐高温等特性，但实际上并无法找到符合所有要求的核反应。本申请的实施例中采用锂金属制成的靶材。但是本领域技术人员熟知的，靶材的材料也可以由其他除了上述谈论到的金属材料之外的金属材料制成。

针对热移除系统的要求则根据选择的核反应而异，如 $^{7}Li(p,n)^{7}Be$ 因金属靶材（锂金属）的熔点及热导系数差，对热移除系统的要求便较 $^{9}Be(p,n)^{9}B$ 高。本申请的实施例中采用 $^{7}Li(p,n)^{7}Be$ 的核反应。由此可知，受到高能量等级的加速带电粒子束照射的靶材的温度必然会大幅上升，从而影响靶材的使用寿命。

无论硼中子捕获治疗的中子源来自核反应堆或加速器带电粒子与靶材的核反应，产生的皆为混合辐射场，即射束包含了低能至高能的中子、光子。对于深部肿瘤的硼中子捕获治疗，除了超热中子外，其余的辐射线含量越多，造成正常组织非选择性剂量沉积的比例越大，因此这些会造成不必要剂量的辐射应尽量降低。除了空气射束品质因素，为更了解中子在人体中造成的剂量分布，本申请的实施例中使用人体头部组织假体进行剂量计算，并以假体射束品质因素来作为中子射束的设计参考，将在下文详细描述。

国际原子能机构（IAEA）针对临床硼中子捕获治疗用的中子源，给定了五项空气射束品质因素建议，此五项建议可用于比较不同中子源的优劣，并供以作为挑选中子产生途径、设计射束整形体时的参考依据。这五项建议分别如下：

超热中子射束通量 Epithermal neutron flux > 1×10^{9} n/cm^{2}s

快中子污染 Fast neutron contamination < 2×10^{-13} Gy-cm^{2}/n

光子污染 Photon contamination < 2 x 10^{-13} Gy-cm^2/n

热中子与超热中子通量比值 thermal to epithermal neutron flux ratio < 0.05

中子流与通量比值 epithermal neutron current to flux ratio > 0.7

注：超热中子能区在 0.5eV 到 40keV 之间，热中子能区小于 0.5eV，快中子能区大于 40keV。

1、超热中子射束通量：

中子射束通量和肿瘤中含硼药物浓度共同决定了临床治疗时间。若肿瘤含硼药物浓度够高，对于中子射束通量的要求便可降低；反之，若肿瘤中含硼药物浓度低，则需高通量超热中子来给予肿瘤足够的剂量。IAEA 对于超热中子射束通量的要求为每秒每平方厘米的超热中子个数大于 10^9，此通量下的中子射束对于目前的含硼药物而言可大致控制治疗时间在一小时内，短治疗时间除了对病人定位和舒适度有优势外，也可较有效利用含硼药物在肿瘤内有限的滞留时间。

2、快中子污染：

由于快中子会造成不必要的正常组织剂量，因此视之为污染，此剂量大小和中子能量呈正相关，因此在中子射束设计上应尽量减少快中子的含量。快中子污染定义为单位超热中子通量伴随的快中子剂量，IAEA 对快中子污染的建议为小于 2 x 10^{-13} Gy-cm^2/n。

3、光子污染（γ 射线污染）：

γ 射线属于强穿辐射，会非选择性地造成射束路径上所有组织的剂量沉积，因此降低 γ 射线含量也是中子束设计的必要要求，γ 射线污染定义为单位超热中子通量伴随的 γ 射线剂量，IAEA 对 γ 射线污染的建议为小于 2 x 10^{-13} Gy-cm^2/n。

4、热中子与超热中子通量比值：

由于热中子衰减速度快、穿透能力差，进入人体后大部分能量沉积在皮肤组织，除黑色素细胞瘤等表皮肿瘤需用热中子作为硼中子捕获治疗的中子源外，针对脑瘤等深层肿瘤应降低热中子含量。IAEA 对热中子与超热中子通量比值建议为小于 0.05。

5、中子电流与通量比值：

中子电流与通量比值代表了射束的方向性，比值越大表示中子射束前向性佳，高前向性的中子束可减少因中子发散造成的周围正常组织剂量，另外也提高了可治疗深度及摆位姿势弹性。IAEA 对中子电流与通量比值建议为大于 0.7。

为了使中子捕获治疗系统的射束整形体在降低制造成本的同时，能够获得较好的中子射束品质，参照图 1 所示，本申请实施例一提供一种中子捕获治疗系统 1，中子捕获治疗系统 1

包括射束整形体 10、设于射束整形体 10 内的冷却装置 20、真空管 30 及设于射束整形体 10 外并紧密贴合射束整形体 10 设置的屏蔽体 40。

如图 1 和图 2 所示，射束整形体 10 包括射束入口 11、用于容纳真空管 30 的容纳腔 12、用于容纳冷却装置 20 的容纳管道 13、邻接于容纳腔 12 端部的缓速体 14、包围缓速体 14 的反射体 15、与缓速体 14 邻接的热中子吸收体 16、设置在射束整形体 10 内的辐射屏蔽 17 和射束出口 18。真空管 30 的端部设有靶材 31，靶材 31 与自射束入口 11 入射并穿过真空管 30 的带电粒子束发生核反应以产生中子，中子形成中子射束，中子射束自射束出口 18 射出并限定一根与真空管 30 的中心轴线重合的中子射束轴线 X1。缓速体 14 将自靶材 31 产生的中子减速至超热中子能区，反射体 15 将偏离中子射束轴线 X1 的中子导回至缓速体 14 以提高超热中子射束强度。反射体 15 在中子射束轴线 X1 的两侧均凸出缓速体 14。热中子吸收体 16 用于吸收热中子以避免治疗时与浅层正常组织造成过多剂量。辐射屏蔽 17 用于屏蔽渗漏的中子和光子以减少非照射区的正常组织剂量。

加速器中子捕获治疗系统通过加速器将带电粒子束加速，作为一种优选实施例，靶材 31 由锂金属制成，具体地，由 ^{7}Li 含量为 98%、^{6}Li 含量为 2%的锂金属制成，带电粒子束加速至足以克服靶材原子核库伦斥力的能量，与靶材 31 发生 $^{7}Li(p,n)^{7}Be$ 核反应以产生中子，射束整形体 10 能将中子缓速至超热中子能区，并降低热中子及快中子含量。缓速体 14 由具有快中子作用截面大、超热中子作用截面小的材料制成，反射体 15 由具有中子反射能力强的材料制成，热中子吸收体 16 由与热中子作用截面大的材料制成。作为一种优选实施例，缓速体 14 由 MgF_2 和占 MgF_2 的重量百分比为 4.6%的 LiF 混合制成，反射体 15 由 Pb 制成，热中子吸收体 16 由 ^{6}Li 制成。辐射屏蔽 17 包括光子屏蔽 171 和中子屏蔽 172，作为一种优选实施例，辐射屏蔽 17 包括由铅（Pb）制成的光子屏蔽 171 和由聚乙烯（PE）制成的中子屏蔽 172。如图 7 所示，靶材 31 包括锂靶层 311 和位于锂靶层 311 一侧用于防止锂靶层 311 氧化的抗氧化层 312。靶材 31 的抗氧化层 312 由 Al 或者不锈钢制成。

如图 1-2 所示，缓速体 14 包括靠近射束入口 11 的第一缓速体 140 及与第一缓速体 140 紧密贴合并靠近射束出口 18 的第二缓速体 144，缓速体 14 具有靠近射束入口 11 的第一端部 146、靠近射束出口 18 的第二端部 148 及位于第一端部 146 与第二端部 148 之间的第三端部 147，第三端部 147 位于第一缓速体 140 和第二缓速体 144 之间。射束入口 11、缓速体 14 和射束出口 18 均沿着中子射束轴线 X1 延伸，靶材 31 到射束出口 18 的距离小于第一端部 146 到射束出口 18 的距离，换句话说，第一端部 146 沿着中子射束轴线 X 往射束入口 11 的方向突出于靶材 31，第二端部 148 沿着中子射束轴线 X1 往射束出口 18 的方向突出于靶材 31。第一缓速体 140 由至少 2 个外直径不同、内直径相同的中空的圆柱体状缓速体组成。参照图 1-2、图 6 及图 8 所示，在实施例一、实施例三、实施例四中，第一缓速体 140 由 3 个外直径

不同、内直径相同的中空的圆柱体状缓速体组成，第一缓速体 140 及第二缓速体 144 由从对应尺寸的模具中成型的若干片缓速体通过抛光、打磨等工艺处理之后层叠拼接而成。具体地，第一缓速体 140 包括靠近射束入口 11 的第一缓速部 141、位于第一缓速部 141 右侧并与第一缓速部 141 紧密贴合的第二缓速部 142 及位于第二缓速部 142 右侧并与第二缓速部 142 紧密贴合的第三缓速部 143 组成，也就是说，第一、第二、第三缓速部 141、142、143 沿中子射束轴线 X1 方向依次排列。第一、第二、第三缓速部 141、142、143 与第二缓速体 144 的外直径分别为第一、第二、第三、第四外直径，第一外直径小于第二外直径，第二外直径小于第三外直径，第三外直径等于第四外直径，第一、第二、第三缓速部 141、142、143 的内直径相等。第一、第二、第三缓速部 141、142、143 的中心轴线与第二缓速体 144 的中心线重合，该中心轴线与中子射束轴线 X1 亦重合。第一缓速部 141 具有位于左侧的第一前端面 1411、位于右侧的第一后端面 1412、第一外圆周面 1413 及第一内圆周面 1414；第二缓速部 142 具有位于左侧的第二前端面 1421、位于右侧的第二后端面 1422、第二外圆周面 1423 及第二内圆周面 1424；第三缓速部 143 具有位于左侧的第三前端面 1431、位于右侧的第三后端面 1432、第三外圆周面 1433 及第三内圆周面 1434；第二缓速体 144 具有位于左侧的第四前端面 1441、位于右侧的第四后端面 1442 及第四外圆周面 1443。第一、第二、第三、第四前端面 1411、1421、1431、1441 及第一、第二、第三、第四后端面 1412、1422、1432、1442 之间相互平行且均与中子射束轴线 X1 垂直，第一缓速部 141 的第一后端面 1412 与第二缓速部 142 的第二前端面 1421 紧密贴合，第二缓速部 142 的第二后端面 1422 与第三缓速部 143 的第三前端面 1431 紧密贴合，第三缓速部 143 的第三后端面 1432 与第二缓速体 144 的第四前端面 1441 紧密贴合。穿过中子射束轴线 X1 的切面与第一外圆周面 1413 的交线与第二前端面 1421 垂直，穿过中子射束轴线 X1 的切面与第二外圆周面 1423 的交线与第三前端面 1431 垂直，第三缓速部的第三外圆周面 1433 与第二缓速体 144 的第四外圆周面 1443 之间平滑过渡。如图 2 所示，在穿过中子射束轴线 X1 的切面内，第一缓速部 141 的第一前端面 1411 与第一外圆周面 1413 相交得到第一交点 1410，第二缓速部 142 的第二前端面 1421 与第二外圆周面 1423 相交得到第二交点 1420，第三缓速部 143 的第三前端面 1431 与第三外圆周面 1433 相交得到第三交点 1430，第一、第二、第三交点 1410、1420、1430 位于同一条直线 X2 上，该直线 X2 与中子射束轴线 X1 之间的夹角小于 90 度。反射体 15 具有包围缓速体 14 的内表面 150，该内表面 150 与缓速体 14 的第一前端面 1411、第一外圆周面 1413、第二前端面 1421、第二外圆周面 1423、第三前端面 1431、第三外圆周面 1433、第四后端面 1442 及第四外圆周面 1443 紧密贴合。

如 1-2、图 6 及图 8 所示，在实施例一、实施例三、实施例四中，第一缓速体 140 由 3

个外直径不同、内直径相同的同心的中空的圆柱体状缓速体组成，从垂直于中子射束轴线 X1 的方向观察，第一、第二、第三缓速部 141、142、143 的外轮廓组合在一起呈台阶状，由此，将第一缓速体 140 命名为 3 阶缓速体。如图 10-12 所示，在实施例六到实施例八中，第一缓速体 140 由 2 个、4 个、10 个外直径不同、内直径相同的中空的圆柱体状缓速体组成，即第一缓速体 140 可以是 2 阶、4 阶、10 阶缓速体，在其他实施方式中，第一缓速体 140 还可以由其他数目个外直径不同、内直径相同的中空的圆柱体状缓速体组成，例如 12 个、15 等等。在其他实施方式中，亦可将第二缓速体 144 设置成呈台阶状的缓速体；还可以用多边形棱柱体代替圆柱体成型缓速体；另外，第一、第二、第三交点 1410、1420、1430 可以不在同一条直线上，可以位于一条弧线上；另外，可以根据实际需要，将组成第一缓速体 140 的缓速部设置为部分非中空结构；第一缓速体 140 的各个缓速部的中心轴线和第二缓速体 14 的中心轴线可以相互不重合。

通常，缓速体由从对应尺寸的模具中成型的若干片缓速体通过抛光、打磨等工艺处理之后层叠拼接而成，从磨具中成型的缓速体为圆盘状，当缓速体设计成一整个圆柱体状或是锥体状的时候，所消耗的缓速体材料的体积为缓速体在中子射束轴线 X1 方向的尺寸与圆盘的底面积的乘积，需要说明的是，锥体状缓速体是由圆柱状缓速体打磨而成，也就是说，缓速体设计成圆柱体状或是锥体状所需要的材料的体积是相同的。而在本申请中，将第一缓速体 140 设计成台阶状缓速体，在缓速体在中子射束轴线 X1 方向上的尺寸和缓速体的最大直径不变的前提下，因组成各阶缓速的圆盘状缓速体的底面积是逐渐增大的，则本申请中将缓速体设计为台阶状缓速体所需的缓速体材料小于将缓速体设计成一整个圆柱体状或是锥体状缓速体所需的材料。由此可以看出，本申请台阶状缓速体能够大大减少制造缓速体的材料，从而降低制造成本。

参照图 2 所示，容纳腔 12 是由反射体 15 及缓速体 14 的第一缓速体 140 围设而成的圆柱形腔。容纳腔 12 包括由反射体 15 围设而成的反射体容纳腔 121 及自反射体容纳腔 121 延伸由缓速体 14 的第一缓速体 140 围设而成的缓速体容纳腔 122，即缓速体容纳腔 122 由第一、第二、第三缓速部 141、142、143 的第一、第二、第三内圆周面 1414、1424、1434 围设而成。真空管 30 包括被反射体 15 包围的延伸段 32 及自延伸段 32 延伸嵌入缓速体 14 的嵌入段 34，延伸段 32 容纳在反射体容纳腔 121 内，嵌入段 34 容纳在缓速体容纳腔 122 内。靶材 31 设于真空管 30 的嵌入段 34 的端部，该端部与第一缓速体 140 的第三后端面 1432 平齐。在实施例一至三及实施例五至八中，真空管 30 部分嵌设于缓速体 14 中，即靶材 31 设置于缓速体 14 内。将靶材 31 伸入缓速体 14 的深度标记为 X，X 的值等于在中子射束轴线 X1 的方向上缓速体容纳腔 122 的尺寸，即在中子射束轴线 X1 的方向上第一缓速体 140 的尺寸。

在其他实施方式中，靶材 31 伸入缓速体 14 的深度 X 可以小于或大于第一缓速体 140 在中子射束轴线 X1 方向上的尺寸，即靶材 31 可以设置成在中子射束轴线 X1 方向上延伸未超过第一缓速体 140 或延伸超过第一缓速体 140 而延伸进入第二缓速体 144，相应地，当靶材 31 设置成在中子射束轴线 X1 方向上延伸未超过第一缓速体 140 时，第一缓速体 140 设置成部分非中空结构，当靶材 31 设置成在中子射束轴线 X1 方向上延伸超过第一缓速体 140 而延伸进入第二缓速体 144 时，第一缓速体 140 为中空结构，第二缓速体 144 为部分中空结构。

结合图 1、图 2 及图 3 所示，容纳腔 12 与真空管 30 之间存在间隙，在该间隙中填充有反射补偿体 50，反射补偿体 50 是能够吸收或反射中子的 Pb 或 Al 或铁氟龙（Teflon）或 C。反射补偿体 50 能够将反射或散射进入该间隙内的中子反射到缓速体 14 或反射体 15 内，从而增加超热中子的强度进而减少被照射体需要被照射的时间。另一方面，避免中子渗漏到射束整形体 10 外部对中子捕获治疗系统的器械造成不良影响、提高辐射安全性。

如图 1 及图 2 所示，容纳管道 13 包括沿中子射束轴线 X1 方向延伸并位于容纳腔 12 两侧且间隔 180°设置的第二、第三容纳管道 132、133 及设置在与中子射束轴线 X1 垂直的平面内并位于靶材 31 与缓速体 14 之间的第一容纳管道 131。第二、第三容纳管道 132、133 在中子射束轴线 X1 的方向上延伸超过容纳腔 12 且分别与第一容纳管道 131 连通。也就是说，第一容纳管道 131 位于容纳腔 12 的端部且位于靶材 31 与缓速体 14 之间，第二容纳管道 132 和第三容纳管道 133 分别位于容纳腔 12 的两侧而分别与第一容纳管道 131 连通，从而使得整个容纳管道 30 呈“匚”型结构设置。结合图 2 所示，第二、第三容纳管道 132、133 分别包括位于反射体容纳腔 121 外侧的第二、第三反射体容纳管道 1321、1331 及分别自第二、第三反射体容纳管道 1321、1331 延伸而位于缓速体容纳腔 122 外侧的第二、第三缓速部容纳管道 1322、1332。本实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133 沿中子射束轴线 X1 方向延伸并平行于中子射束轴线 X1，即第二、第三容纳管道 132、133 与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 0° 。

在实施例一、二中，第二、第三容纳管道 132、133 与容纳腔 12 不连通，即第二、第三容纳管道 132、133 与容纳腔 12 之间被反射体 15 和缓速体 14 隔开。在其他实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133 与容纳腔 12 可以连通，即容纳在容纳腔 12 内的真空管 30 的外表面部分暴露在第二、第三容纳管道 132、133 内，综上，第二、第三容纳管道 132、133 位于容纳腔 12 的内壁之外。在本申请实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133 设置成沿真空管 30 的轴线方向延伸的圆弧形管道，在其他实施方式中，亦可用方形、三角形或其他多边形的管道代替。在本申请实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133 为在容纳腔 12 的圆周方向上间隔开相互独立的两个容纳管道，在其他实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133

在容纳腔 12 的圆周方向上连通，即由一个环绕容纳腔 12 的容纳管道代替。

如图 5 所示，冷却装置 20 包括沿竖直方向布置并位于靶材 31 前方用于冷却靶材 31 的第一冷却部 21、沿中子射束轴线 X1 方向延伸而位于真空管 30 两侧并平行于中子射束轴线 X1 的第二冷却部 22 和第三冷却部 23，第一冷却部 21 连接在第二、第三冷却部 22、23 之间。第一冷却部 21 被容纳在沿垂直于中子射束轴线 X1 方向布置的第一容纳管道 131 内，第二、第三冷却部 22、23 分别被容纳在沿中子射束轴线 X1 的方向布置的第二、第三容纳管道 132、133 内。第二冷却部 22 向第一冷却部 21 输入冷却介质，第三冷却部 23 将第一冷却部 21 中的冷却介质输出。第一冷却部 21 位于靶材 31 和缓速体 14 之间，第一冷却部 21 的一侧与靶材 31 直接接触，另一侧与缓速体 14 接触。第二冷却部 22 和第三冷却部 23 分别包括位于反射体容纳腔 121 外侧的第一、第二冷却段 221、231 及自第一、第二冷却段 221、231 延伸并位于缓速体容纳腔 122 外侧的第三、第四冷却段 222、232。第三、第四冷却段 222、232 分别与第一冷却部 21 连通。也就是说，第一冷却部 21 位于真空管 30 的嵌入段 121 的端部而位于靶材 31 一侧并与靶材 31 直接接触，第二冷却部 22 和第三冷却部 23 分别位于容纳在容纳腔 12 内的真空管 30 的上下两侧而分别与第一冷却部 21 连通，从而使得整个冷却装置 20 呈“匚”型结构设置。本实施方式中，第一冷却部 21 与靶材 31 平面接触，第二冷却部 22 和第三冷却部 23 都是由铜制成的管状结构，且第二冷却部 22 和第三冷却部 23 沿中子射束轴线 X1 的方向延伸并平行于中子射束轴线 X1，即第二冷却部 22 和第三冷却部 23 与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 0°。

第一冷却部 21 包括第一接触部 211、第二接触部 212 及位于第一接触部 211 和第二接触部 212 之间的供冷却介质通过的冷却槽 213。第一接触部 211 与靶材 31 直接接触，第二接触部 212 与缓速体 14 可以是直接接触也可以通过空气间接接触。冷却槽 213 具有与第二冷却部 22 连通的输入槽 214 及与第三冷却部 23 连通的输出槽 215。第一接触部 211 由导热材料制成。输入槽 214 的上边沿位于第二冷却部 22 的上边沿的上方，输出槽 215 的下边沿位于第三冷却部 23 的下边沿的下方。这样设置的好处是，冷却装置 20 能够更加顺畅地将冷却水输入冷却槽 213 中并且较及时地对靶材 31 进行冷却，而受热后的冷却水也能够较为顺畅的从冷却槽 213 中输出，同时，还能够在一定程度上降低冷却槽 213 中冷却水的水压。

第一接触部 211 由导热材料（如 Cu、Fe、Al 等导热性能好的材料）或既能导热又能抑制发泡的材料制成，第二接触部 212 由抑制发泡的材料制成，抑制发泡的材料或既能导热又能抑制发泡的材料由 Fe、Ta 或 V 的任一种制成。靶材 31 受到高能量等级的加速照射温度升高发热，第一接触部 211 将热量导出，并通过流通在冷却槽 213 中的冷却介质将热量带出，从而对靶材 31 进行冷却。在本实施方式中，冷却介质为水。

参照图 2 所示，屏蔽体 40 覆盖射束整形体 10 的左侧端面并与该端面紧密贴合，防止在

靶材 31 处形成的中子束和γ射线从射束整形体 10 左端面溢出。屏蔽体 40 由 Pb 和 PE 组成，具体地，屏蔽体 40 由至少两层 Pb 和至少一层 PE 组成。在本实施例中，屏蔽体 40 包括与射束整形体 10 的左端面紧密贴合的第一 Pb 层 41、与第一 Pb 层 41 紧密贴合的 PE 层 42 及覆盖 PE 层 42 且与 PE 层 42 紧密贴合的第二 Pb 层 43。Pb 能够吸收从射束整形体 10 溢出的γ射线和将从射束整形体 10 溢出的中子反射回到缓速体 14 以提高超热中子射束强度。

参照图 1-2、图 6、图 8 及图 10-12 所示，在实施例一、实施例三、实施例四及实施例六-八中，缓速体 14 部分由多阶缓速体组成，在实施例五中，如图 9 所示，缓速体 14 由一整个圆柱状缓速体组成，在其他实施方式中，缓速体 14 也可以由一个锥体壮缓速体和一个圆柱状缓速体组成，亦可由如图 4 所示实施二中的两个锥状体缓速体组成。在实施例二中，缓速体 14'由两个反向的锥状体组成，在本申请中，将实施例二中的缓速体 14'称为双锥状缓速体。参照图 4，缓速体 14'具有第一端部 141'、第二端部 142'和位于第一端部 141'和第二端部 142'之间的第三端部 143'。第一、第二、第三端部 141'、142'、143'的横截面为圆形，且第一端部 141'与第二端部 14'2 的直径小于第三端部 143'的直径。第一端部 141'和第三端部 143'之间形成第一个锥状体 146'，第三端部 143'和第二端部 142'之间形成第二个锥状体 148'。靶材 31 容纳在第一个锥状体 142'内。

在实施例二中，第二、第三容纳管道 132、133 及第二、第三冷却部 22、23 与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 0°。在其他实施方式中，第二、第三容纳管道 132、133 及第二、第三冷却部 22、23 与中子射束轴线 X1 之间的夹角还可以是其他大于 0°小于等于 180°的任意夹角，例如图 6 所示，第二、第三容纳管道 132'、133'及第二、第三冷却部 22'、23'与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 90°。

如图 6 所示，其揭示本申请实施例三中的中子捕获治疗系统 1"，其中，冷却装置 20'的第二冷却部 22'和第三冷却部 23'与中子射束轴线 X1 垂直，即冷却装置 20'设置成“I”型结构对嵌入式的真空管 30 中的靶材 31 进行冷却。“I”型冷却装置 20'中的第一冷却部 21'第与匚型冷却装置 20 的第一冷却部 21 设置相同，不同之处在于，“I”型冷却装置 20'的第二冷却部 22'和第三冷却部 23'与第一冷却部 21'位于与中子射束轴线 X1'垂直的同一平面内，且第二冷却部 22'和第三冷却部 23'分别沿与中子射束轴线 X1 垂直的方向穿设出缓速体 14'，即第二冷却部 22'和第三冷却部 23'与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 90°，使得整个冷却装置呈矩形设置，也就是上述“I”型结构。继续参照图 6，相应的，容纳管道 30'亦设为“I”型结构，“I”型容纳管道 30'中的第一容纳管道 131'与匚型冷却管道 30 的第一容纳管道 131 设置相同，不同之处在于，“I”型容纳管道 30'的第二容纳管道 132'和第三容纳管道 133'与第一容纳管道 131'位于与中子射束轴线 X1 垂直的同一平面内，且第二容纳管道 132'和第三容纳管道 133'分别沿与中子射束轴线 X1 垂直的方向穿设出缓速体 14'，即第二、第三容纳管道 132'、133'与中子射束轴线 X1 之间的夹角为 90°，使得整个容纳管道呈矩形设置，也就是上述“I”型结构。容易想到的是，在图 4 及图 9 所示的结构中，冷却装置 20 和容纳管道 30 亦可以设置成“I”型结构。

图 8 为图 1 或图 6 去除冷却装置 20、20'且靶材 31 未伸入缓速体 14 的中子捕获治疗系统

1、1'的示意图，图 8 所揭示的中子捕获治疗系统 1 与图 1 或图 6 揭示的中子捕获治疗系统 1、1"相比，仅是将靶材 31 设置在缓速体 14 外，即容纳真空管 30 的容纳腔 12 未延伸进入缓速体 14 而是仅由反射体 15 围设而成。缓速体 14、反射体 15、屏蔽体 40、冷却装置 20、20'、热中子吸收体 16、辐射屏蔽 17 等的结构与图 1 或图 6 揭示的结构相同，相关描述请参照上文对相关结构的描述，在此不再赘述。

图 9 是本申请去除冷却装置 20、20'且第一缓速体为无阶缓速体的中子捕获治疗系统 1 的示意图，图 9 所揭示的中子捕获治疗系统 1 与图 1 或图 6 揭示的中子捕获治疗系统 1、1"相比，仅是将第一缓速体 140 由 3 阶缓速体替换为无阶缓速体，即第一缓速体 140 由一个外直径与圆柱体状缓速体 144 的外直径相等的中空的圆柱体状第二缓速体构成。反射体 15、屏蔽体 40、冷却装置 20、20'、热中子吸收体 16、辐射屏蔽 17 等的结构与图 1 或图 6 揭示的结构相同，相关描述请参照上文对相关结构的描述，在此不再赘述。

图 10 是本申请去除冷却装置 20、20'且第一缓速体为无阶缓速体的中子捕获治疗系统 1 的示意图，图 10 所揭示的中子捕获治疗系统 1 与图 1 或图 6 揭示的中子捕获治疗系统 1、1"相比，仅是将第一缓速体 140 由 3 阶缓速体替换为 2 阶缓速体，反射体 15、屏蔽体 40、冷却装置 20、20'、热中子吸收体 16、辐射屏蔽 17 等的结构与图 1 或图 6 揭示的结构相同，相关描述请参照上文对相关结构的描述，在此不再赘述。

图 11 是本申请去除冷却装置 20、20'且第一缓速体为无阶缓速体的中子捕获治疗系统 1 的示意图，图 11 所揭示的中子捕获治疗系统 1 与图 1 或图 6 揭示的中子捕获治疗系统 1、1"相比，仅是将第一缓速体 140 由 3 阶缓速体替换为 4 阶缓速体，反射体 15、屏蔽体 40、冷却装置 20、20'、热中子吸收体 16、辐射屏蔽 17 等的结构与图 1 或图 6 揭示的结构相同，相关描述请参照上文对相关结构的描述，在此不再赘述。

图 12 是本申请去除冷却装置 20、20'且第一缓速体为无阶缓速体的中子捕获治疗系统 1 的示意图，图 12 所揭示的中子捕获治疗系统 1 与图 1 或图 6 揭示的中子捕获治疗系统 1、1"相比，仅是将第一缓速体 140 由 3 阶缓速体替换为 10 阶缓速体，反射体 15、屏蔽体 40、冷却装置 20、20'、热中子吸收体 16、辐射屏蔽 17 等的结构与图 1 或图 6 揭示的结构相同，相关描述请参照上文对相关结构的描述，在此不再赘述。

参照图 1、图 2、图 4 及图 6 所示，第二、第三冷却部 22、23；22'、23'分别与第二、第三容纳管道 132、133；132'、133'的内壁之间存在间隙，该间隙内填充有反射补偿物 80；80'，反射补偿物 80；80'为铅合金或铝合金等能够吸收或反射中子的物质。反射补偿物 80；80'能够将反射或散射进入该间隙内的中子反射到缓速体 14 或反射体 15 内，从而增加超热中子的产率进而减少被照射体需要被照射的时间。另一方面，避免中子渗漏到射束整形体 10 外部对中子捕获治疗系统的器械造成不良影响、提高辐射安全性。本申请实施例中，铅合金中铅的含量大于等于 85%，铝合金中铝的含量大于等于 85%。

下面通过模拟实验对本申请的相关结构中超热中子通量、快中子通量和超热中子前向性参照值、γ 射线强度进行统计、分析，在本申请所有模拟实验中，带电粒子源能量为 2.5 MeV、

10 mA，超热中子通量、快中子通量计数面位于射束整形体 10 的射束出口 18 处，射束出口 18 的直径是 14CM，γ 射线强度的计数面为射束整形体 10 左端面。

参照图 1 及图 2 所示，实施例一中的靶材 31 容纳在速体 14 内，参照图 8 所示，实施例四中的靶材 31 设置于缓速体 14 外，为了比较实施例一和实施例四中靶材 31 的设置位置对超热中子通量、快中子通量及中子前向性的影响，通过模拟实验得出表一的数据进行比较、分析。本申请中，缓速体 14 的厚度指缓速体 14 在中子射束轴线 X1 方向上的尺寸。

表一：靶材容纳在缓速体内和设置于缓速体外的超热中子通量、快中子通量和超热中子前向性参照值

模型	超热中子前向性参照值	超热中子通量 (n/cm²/sec)	快中子通量 (n/cm²/sec)
靶在缓速体外 缓速体厚度 25 cm	0.679	1.28E+09	1.38E+08
靶在缓速体内 缓速体厚度 25 cm	0.682	1.26E+09	1.21E+08

从表一可以看出，将靶材 31 容纳在缓速体 14 内和设置在缓速体 14 外相比，中子的前向性没有发生明显的改变，快中子的强度降低了 12.52 %，超热中子束强度仅降低 1.83 %，可见，将靶材 31 容纳在缓速体 14 的设置方式优于将靶材 31 设置于缓速体 14 外的设置方式。需要说明的是，超热中子前向性参照值越接近 1，则超热中子前向性越好。

参照图 1、图 2 所示，在实施例一中，第一缓速体 140 是 3 阶缓速体，参照图 9-12 所示，在实施例五到实施例八中，第一缓速体 140 分别设置为无阶、2 阶、3 阶、4 阶、10 阶缓速体，为了比较不同阶数的第一缓速体 140 对超热中子通量、快中子通量及中子前向性的影响，本申请在保持夹角 θ 及靶材 31 伸入缓速体 14 的深度 X 不变的前提下，将第一缓速体 140 分别设置为无阶、2 阶、3 阶、4 阶、10 阶缓速体，通过模拟实验得出表二的数据进行比较、分析。

表二：第一缓速体分别为无阶梯、1 阶 2 阶、3 阶、4 阶、10 阶缓速体时的超热中子通量、快中子通量和超热中子前向性参照值

模型	超热中子前向性参照值	超热中子通量 (n/cm²/sec)	快中子通量 (n/cm²/sec)
无阶梯缓速体	0.682	1.26E+09	1.21E+08
2 阶缓速体	0.682	1.27E+09	1.22E+08
3 阶缓速体	0.682	1.28E+09	1.22E+08
4 阶缓速体	0.681	1.28E+09	1.23E+08
10 阶缓速体	0.682	1.28E+09	1.24E+08

从表二数据可以看出，第一缓速体 140 无阶（圆柱状缓速体）或多阶缓速体对超热中子、快中子强度及中子前向性影响不大，但是相较于无阶缓速体，制造多阶缓速体所需的缓速体材料较少，综合考虑材料成本和制造工艺成本，优选地，将第一缓速体 140 设置为 3 阶或 4 阶缓速体。

参照图 1-4、图 8 及图 10-12 所示，容纳腔 12 与真空管 30 之间存在间隙，在该间隙填充反射补偿体 50。为了比较该间隙中填充反射补偿体 50 或不填充反射补偿体 50 对超热中子、快中子强度及超热中子前向性产生的影响，列出表三做详细比较、分析。

表三：填充反射补偿体和不填充反射补偿体的超热中子通量、快中子通量和超热中子前向性参照值

模型		超热中子前向性参照值	超热中子通量 (n/cm²/sec)	增比	快中子通量 (n/cm²/sec)	增比
2 阶	无反射补偿	0.682	1.27E+09	-	1.22E+08	-
	有反射补偿	0.683	1.36E+09	7.37%	1.26E+08	3.72 %
3 阶	无反射补偿	0.682	1.28E+09	-	1.22E+08	-
	有反射补偿	0.683	1.37E+09	7.33%	1.27E+08	3.68 %
4 阶	无反射补偿	0.681	1.28E+09	-	1.23E+08	-
	有反射补偿	0.683	1.37E+09	7.35 %	1.27E+08	3.56 %
10 阶	无反射补偿	0.682	1.28E+09	-	1.24E+08	-
	有反射补偿	0.683	1.38E+09	7.46 %	1.28E+08	3.40 %

从表 3 可以看出，容纳腔 12 与真空管 30 之间的间隙填充反射补偿体 50 与不填充反射补偿体 50 相比，超热中子束强度增加 7.33 %~7.46 %。中子前向性没有明显改变。

本申请中仅列出针对将缓速体 140 部分设置为多阶缓速体做模拟实验得出的数据，但是

经研究得出，将缓速体 14 设置为图 9 所示的一整个圆柱状缓速体或设置为图 4 所示的双锥状缓速体或是由一个锥体状缓速体和一个圆柱状缓速体组成的缓速体或是由多阶缓速体和锥体状缓速体组成的缓速体时，在容纳腔 12 与真空管 30 之间的间隙填充反射补偿体 50 均能不同程度地增加超热中子的强度，且对中子的前向性没有明显的影响。

参照图 1-2 及图 8-12 本申请的射束整形体 10 的左端，即带电粒子束入口一端，设有防止在靶材 31 处形成的中子束和γ射线从射束整形体 10 左端面溢出的屏蔽体 40。下面列出第一缓速体 140 分别为无阶、2 阶、3 阶、4 阶、10 阶缓速体时，分别设置屏蔽体 40 和/或反射补偿体 50 或未设置屏蔽体 40 和/或反射补偿体 50 时射束整形体 10 左端的中子、γ射线强度及射束整形体 10 的射束出口 18 处的超热中子、快中子的强度及超热中子前向性参照值数据，以分析屏蔽体 40 和反射补偿体 50 对射束整形体 10 左端的中子、γ射线强度及射束整形体 10 的射束出口 18 处的超热中子、快中子的强度及超热中子前向性的影响。其中中子、γ射线、超热中子、快中子的单位均为：$n/cm^2/sec$ 。

表四：射束整形体左端的中子、γ射线强度及射束整形体的射束出口处的超热中子、快中子的强度及超热中子前向性参照值

模型			射束整形体左端				射束出口处			
	屏蔽体	反射补偿体	中子	比值	γ射线	比值	超热中子前向性参照值	超热中子	快中子	超热中子/快中子
无阶	无	无	2.45E+08	100.00%	6.63E+06	100.00%	0.684	1.26E+09	1.21E+08	10.46
	无	有	2.22E+08	90.68%	5.26E+06	79.27%	0.684	1.36E+09	1.25E+08	10.81
	有	无	9.67E+07	39.43%	3.61E+06	54.39%	0.684	1.31E+09	1.22E+08	10.75
	有	有	9.31E+07	37.95%	3.45E+06	52.01%	0.684	1.38E+09	1.26E+08	11.00
2阶	无	无	2.46E+08	100.00%	6.43E+06	100.00%	0.684	1.28E+09	1.22E+08	10.48
	无	有	2.23E+08	90.71%	5.11E+06	79.44%	0.683	1.37E+09	1.26E+08	10.84
	有	无	9.76E+07	39.69%	3.54E+06	55.08%	0.683	1.33E+09	1.23E+08	10.78
	有	有	9.40E+07	38.19%	3.40E+06	52.81%	0.683	1.40E+09	1.27E+08	11.02
3阶	无	无	2.46E+08	100.00%	6.36E+06	100.00%	0.683	1.28E+09	1.23E+08	10.46
	无	有	2.23E+08	90.70%	5.06E+06	79.55%	0.683	1.37E+09	1.27E+08	10.82
	有	无	9.81E+07	39.83%	3.51E+06	55.21%	0.682	1.33E+09	1.24E+08	10.76
	有	有	9.44E+07	38.31%	3.37E+06	53.00%	0.682	1.40E+09	1.28E+08	11.00
4阶	无	无	2.47E+08	100.00%	6.31E+06	100.00%	0.682	1.29E+09	1.23E+08	10.47
	无	有	2.24E+08	90.73%	5.02E+06	79.65%	0.682	1.38E+09	1.27E+08	10.84
	有	无	9.84E+07	39.90%	3.50E+06	55.46%	0.682	1.33E+09	1.24E+08	10.77
	有	有	9.46E+07	38.38%	3.36E+06	53.26%	0.683	1.41E+09	1.28E+08	11.02
10阶	无	无	2.47E+08	100.00%	6.23E+06	100.00%	0.683	1.29E+09	1.24E+08	10.40
	无	有	2.24E+08	90.74%	4.96E+06	79.68%	0.683	1.38E+09	1.28E+08	10.79
	有	无	9.89E+07	40.05%	3.47E+06	55.80%	0.682	1.34E+09	1.25E+08	10.71
	有	有	9.51E+07	38.52%	3.34E+06	53.62%	0.682	1.41E+09	1.29E+08	10.98

从表四可以看出，增加屏蔽体 40，能显著降低射束整形体 10 后方γ射线和中子束的强度，屏蔽体 40 对射束出口 18 处的超热中子和快中子强度的影响不显著，增加反射补偿体 50 能够显著提高射束出口 18 处的超热中子强度。

本申请中仅列出针对将缓速体 140 部分设置为无阶或多阶缓速体做模拟实验得出的数据，但是经研究得出，将缓速体 14 设置为图 4 所示的双锥状缓速体或是由一个锥体状缓速体和一

个圆柱状缓速体组成的缓速体或是由多阶缓速体和锥体状缓速体组成的缓速体时，在容纳腔12与真空管30之间的间隙填充反射补偿体50和在射束整形体10左端设置屏蔽体40均能不同程度地增加超热中子的强度和降低射束整形体10后方γ射线和中子束的强度，且对中子的前向性没有明显的影响。

下面通过实验模拟数据分析保持θ角不变的前提下，改变靶材31伸入缓速体14的深度X，即改变第一缓速体140沿中子射束轴线X1的方向上的尺寸，对超热中子通量、快中子通量及中子前向性的影响。

表五：靶材伸入缓速体的深度X分别为5、10、15、20CM时超热中子通量、快中子通量及中子前向性参照值

模型		超热中子前向性参照值	超热中子通量 (n/cm²/sec)	比值	快中子通量 (n/cm²/sec)	比值	超热中子/快中子
无阶	X=5 cm	0.681	1.27E+09	100.00%	1.25E+08	100.00%	10.16
	X=10 cm	0.682	1.26E+09	99.21%	1.21E+08	96.80%	10.43
	X=15 cm	0.683	1.25E+09	98.43%	1.19E+08	95.20%	10.46
	X=20 cm	0.682	1.24E+09	97.64%	1.19E+08	95.20%	10.45
2 阶	X=5 cm	0.681	1.28E+09	100.00%	1.26E+08	100.00%	10.10
	X=10 cm	0.682	1.27E+09	99.22%	1.22E+08	96.83%	10.44
	X=15 cm	0.682	1.26E+09	98.44%	1.20E+08	95.24%	10.54
	X=20 cm	0.682	1.25E+09	97.66%	1.19E+08	94.44%	10.54
3 阶	X=5 cm	0.681	1.28E+09	100.00%	1.27E+08	100.00%	10.04
	X=10 cm	0.682	1.28E+09	100.00%	1.22E+08	96.06%	10.42
	X=15 cm	0.682	1.27E+09	99.22%	1.20E+08	94.49%	10.55
	X=20 cm	0.683	1.26E+09	98.44%	1.19E+08	93.70%	10.56
4 阶	X=5 cm	0.681	1.28E+09	100.00%	1.27E+08	100.00%	10.05
	X=10 cm	0.681	1.28E+09	100.00%	1.23E+08	96.85%	10.43
	X=15 cm	0.682	1.27E+09	99.22%	1.20E+08	94.49%	10.59
	X=20 cm	0.682	1.26E+09	98.44%	1.19E+08	93.70%	10.56
10 阶	X=5 cm	0.681	1.28E+09	100.00%	1.28E+08	100.00%	10.00
	X=10 cm	0.682	1.28E+09	100.00%	1.24E+08	96.88%	10.36
	X=15 cm	0.682	1.28E+09	100.00%	1.21E+08	94.53%	10.55
	X=20 cm	0.682	1.27E+09	99.22%	1.20E+08	93.75%	10.57

从表五可以看出，随着靶材 3 伸入缓速体 14 的深度的增加，超热中子束强度略有下降（约 2 %），快中子强度降低约 6 %，超热中子前向性无明显变化，超热中子与快中子通量比有所提升。

本申请中仅列出针对将缓速体 140 部分设置为无阶或多阶缓速体做模拟实验得出的数据，但是经研究得出，将缓速体 14 设置为图 4 所示的双锥状缓速体或是由一个锥体状缓速体和一个圆柱状缓速体组成的缓速体或是由多阶缓速体和锥体状缓速体组成的缓速体时，随着靶材 3 伸入缓速体 14 的深度的增加，超热中子束强度略有下降，快中子强度降低约，超热中子前向性无明显变化，超热中子与快中子通量比有所提升。

为了比较反射补偿物 80 分别为铅合金或铝合金和冷却装置 20、20'与容纳管道 13、13' 的间隙中无反射补偿物 80（即填充空气）时对超热中子的产率、快中子污染量及照射时间产生的影响，列出表六至表八做详细比较。

其中，表六示出了在不同容纳腔的孔径下，分别填充空气、铝合金、铅合金时超热中子的产率（n /cm^{2}mA）：

表六：超热中子的产率（n / cm^2 mA）

容纳腔孔径（CM）	16CM	18CM	20CM	22CM	24CM	26CM
空气	8.20E+07	7.82E+07	7.38E+07	6.97E+07	6.56E+07	6.22E+07
铝合金	8.74E+07	8.58E+07	8.40E+07	8.23E+07	8.07E+07	7.88E+07
铅合金	8.94E+07	8.88E+07	8.79E+07	8.69E+07	8.63E+07	8.53E+07

表七示出了在不同容纳腔的孔径下，分别填充空气、铝合金、铅合金时快中子污染量（Gy-cm2/n）：

表七：快中子污染量（Gy-cm^2/n）

容纳腔孔径（CM）	16CM	18CM	20CM	22CM	24CM	26CM
空气	7.01E-13	7.51E-13	8.23E-13	8.95E-13	9.80E-13	1.06E-12
铝合金	6.54E-13	6.83E-13	7.17E-13	7.54E-13	7.90E-13	8.37E-13
铅合金	6.56E-13	6.83E-13	7.18E-13	7.52E-13	7.87E-13	8.29E-13

表八示出了在不同容纳腔的孔径下，分别填充为空气、铝合金、铅合金时被照射体所需要的照射时间（分钟）：

表八:被照射体所需要的照射时间（Min）

容纳腔孔径（CM）	16CM	18CM	20CM	22CM	24CM	26CM
空气	30.86	31.16	32.29	32.66	33.42	34.12
铝合金	29.65	29.07	30.46	29.42	29.22	29.39
铅合金	28.94	28.00	28.37	27.76	27.91	28.04

从表六至表八可以看出，在容纳腔孔径相同时，相较于填充空气，填充铅合金或铝合金时，超热中子的产率较高，而快中子污染量和所需要的照射时间较少。

本申请揭示的中子捕获治疗系统并不局限于以上实施例所述的内容以及附图所表示的结构。例如，缓速体可设置成锥形或多边形棱柱体、冷却装置可设置成若干个，而容纳管道对

应地具有若干个等。在本申请的基础上对其中构件的材料、形状及位置所做的显而易见地改变、替代或者修改，都在本申请要求保护的范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种中子捕获治疗系统，其特征在于：所述中子捕获治疗系统包括射束整形体、设置于射束整形体内的真空管，所述射束整形体包括射束入口、容纳所述真空管的容纳腔、邻接于所述容纳腔端部的缓速体、包围在所述缓速体外的反射体、设置在所述射束整形体内的辐射屏蔽和射束出口，所述真空管端部设有靶材，所述靶材与自所述射束入口入射的带电粒子束发生核反应以产生中子，所述中子形成中子射束，所述中子射束自射束出口射出并限定一根中子射束轴线，所述缓速体将自所述靶材产生的中子减速至超热中子能区，所述反射体将偏离的中子导回至所述缓速体以提高超热中子射束强度，所述辐射屏蔽用于屏蔽渗漏的中子和光子以减少非照射区的正常组织剂量，所述缓速体至少包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，所述缓速体具有靠近射束入口的第一端部和靠近射束出口的第二端部，所述靶材容纳在所述第一端部和所述第二端部之间。

2、根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述缓速体包括靠近射束入口的第一缓速体和与第一缓速体紧密贴合且靠近射束出口的第二缓速体，所述第一缓速体至少包括两个外直径不同的圆柱体状缓速体，所述射束入口、所述缓速体和所述射束出口均沿着所述中子射束轴线延伸，所述靶材到所述射束出口的距离小于所述第一端部到所述射束出口的距离。

3、根据权利要求 2 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述第一缓速体包括三个外直径不同的圆柱体状缓速体，所述第一缓速体包括靠近射束入口的第一缓速部、与第一缓速部紧密贴合的第二缓速部及与第二缓速部紧密贴合的第三缓速部，第一、第二、第三缓速部沿中子射束轴线方向依次排列，第一、第二、第三缓速部与第二缓速体的外直径分别为第一、第二、第三、第四外直径，第一外直径小于第二外直径，第二外直径小于第三外直径，第三外直径等于第四外直径。

4、根据权利要求 3 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于： 第一缓速部具有靠近射束入口的第一前端面、靠近射束出口的第一后端面及第一外圆周面；第二缓速部具有与第一后端面紧密贴合的第二前端面、靠近射束出口的第二后端面及第二外圆周面；第三缓速部具有与第二后端面紧密贴合的第三前端面、靠近射束出口的第三后端面及第三外圆周面；第二缓速体具有与第三后端面紧密贴合的第四前端面、靠近射束出口的第四后端面及第四外圆周面，第一、第二、第三、第四前端面及第一、第二、第三、第四后端面之间相互平行且均与中子射束轴线垂直，穿过中子射束轴线的切面与第一外圆周面的交线与第二前端面垂直，穿过中子射束轴线的切面与第二外圆周面的交线与第三前端面垂直。

5、根据权利要求 4 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：在穿过中子射束轴线的切面内，第一前端面与第一外圆周面相交得到第一交点，第二前端面与第二外圆周面相交得到第二交点，第三前端面与第三外圆周面相交得到第三交点，第一、第二、第三交点位于同一条直线上。

6、根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述容纳腔与所述真空管之间填充反射补偿体，所述反射补偿体为铅或 Al 或铁氟龙或 C。

7、根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述第一端部沿着所述中子射束轴线往所述射束入口的方向突出于所述靶材，所述第二端部沿着所述中子射束轴线往所述射束出口的方向突出于所述靶材。

8、根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述反射体在中子射束轴线的两侧均凸出缓速体，所述容纳腔包括由反射体围设而成的的反射体容纳腔及自反射体容纳腔延伸由缓速体围设而成的缓速体容纳腔，所述真空管包括容纳在反射体容纳腔内的延伸段及自延伸段延伸并容纳在缓速体容纳腔内的嵌入段，所述靶材设于所述嵌入段的端部。

9、根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述中子捕获治疗系统还包括至少一个冷却装置，所述射束整形体内设有至少一个容纳冷却装置的容纳管道，所述冷却装置与容纳管道的内壁之间填充有铅合金或铝合金。

10、 根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述中子捕获治疗系统还包括设于射束入口并与射束整形体紧密贴合设置的屏蔽体。

11、 根据权利要求 2 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述第二缓速体为锥体状或圆柱状或台阶状。

12、 根据权利要求 4 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：在穿过中子射束轴线的切面内，第一前端面与第一外圆周面相交得到第一交点，第二前端面与第二外圆周面相交得到第二交点，第三前端面与第三外圆周面相交得到第三交点，第一、第二、第三交点位于一条弧线上。

13、 根据权利要求 2 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述靶材伸入缓速体的深度小于等于第一缓速体在中子射束轴线方向上的尺寸。

14、 根据权利要求 1 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述靶材伸入缓速体的深度大于第一缓速体在中子射束轴线方向上的尺寸。

15、 根据权利要求 9 所述的中子捕获治疗系统，其特征在于：所述冷却装置包括沿竖直方向布置并位于靶材前方用于冷却靶材的第一冷却部、沿中子射束轴线方向延伸而位于真空管两侧的第二、第三冷却部，第一冷却部连接在第二、第三冷却部之间，第二冷却部向第一冷却部输入冷却介质，第三冷却部将第一冷却部中的冷却介质输出。

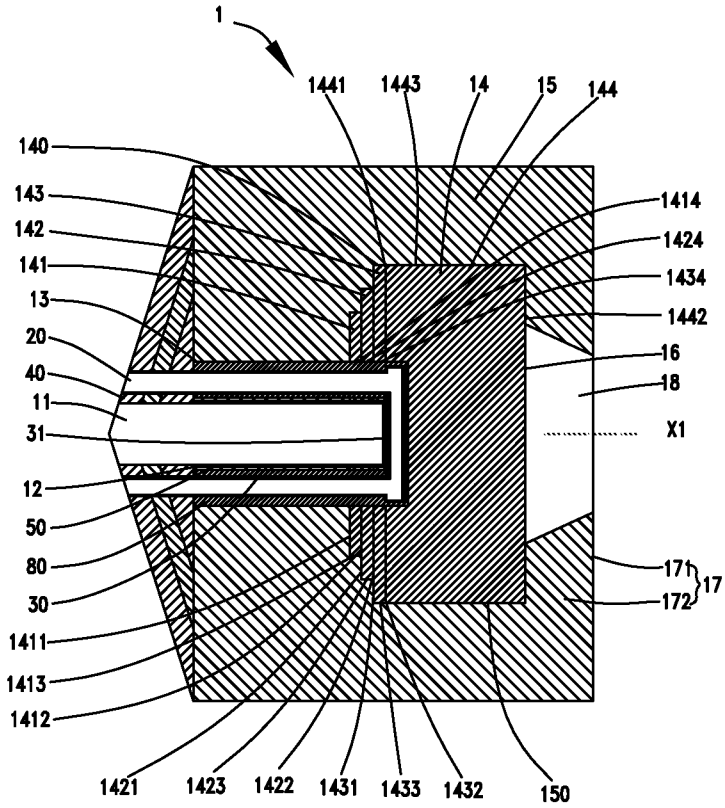

1
1441
1443
14
15
144
140
143
142
141
13
20
40
11
31
12
50
80
30
1411
1413
1412
1414
1424
1434
1442
16
18
X1
171
17
172
1421
1423
1422
1431
1433
1432
150

图1

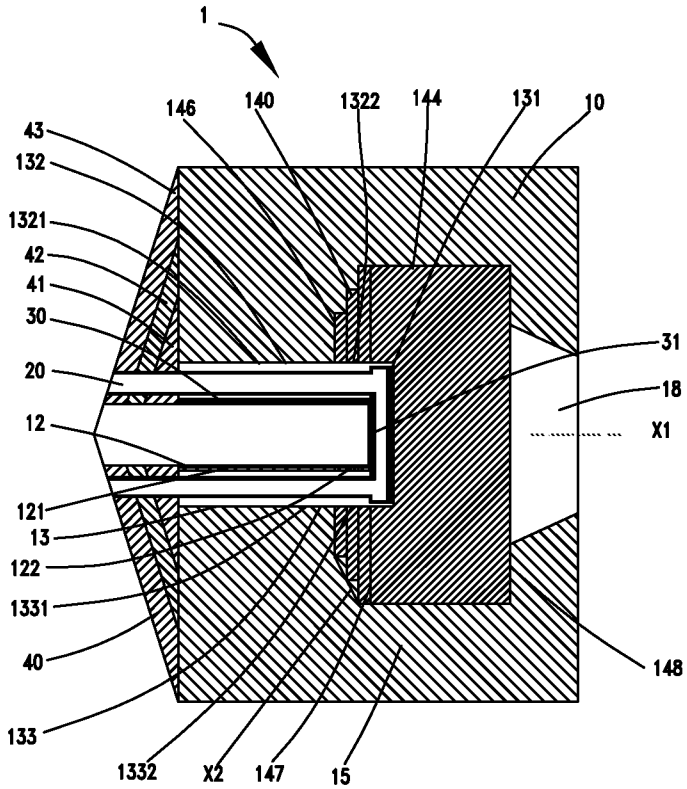

1
146
140
1322
144
131
10
43
132
1321
42
41
30
20
12
121
13
122
1331
40
133
31
18
X1
148
1332
X2
147
15

图2

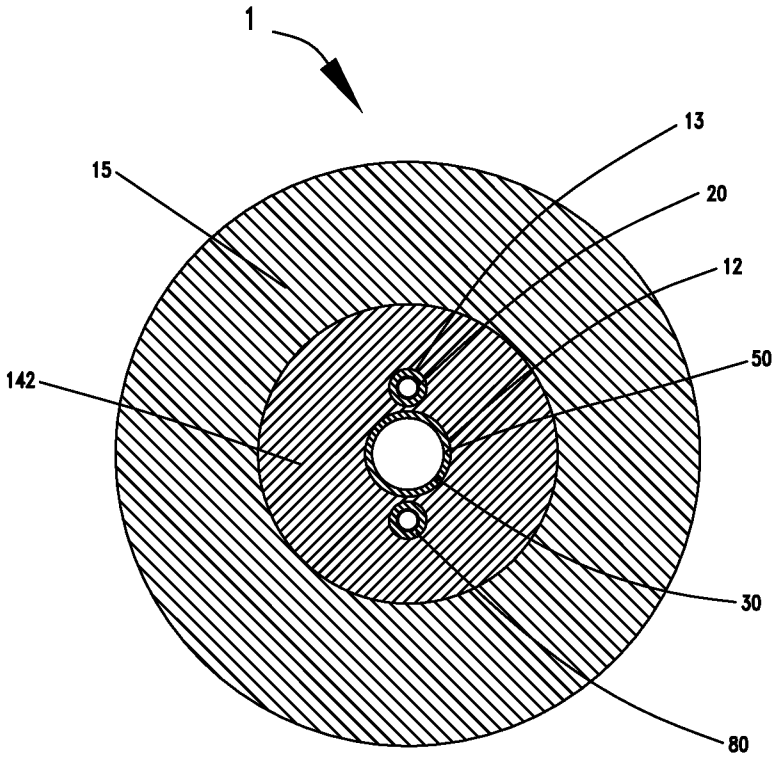

1
13
15
20
12
142
50
30
80

图3

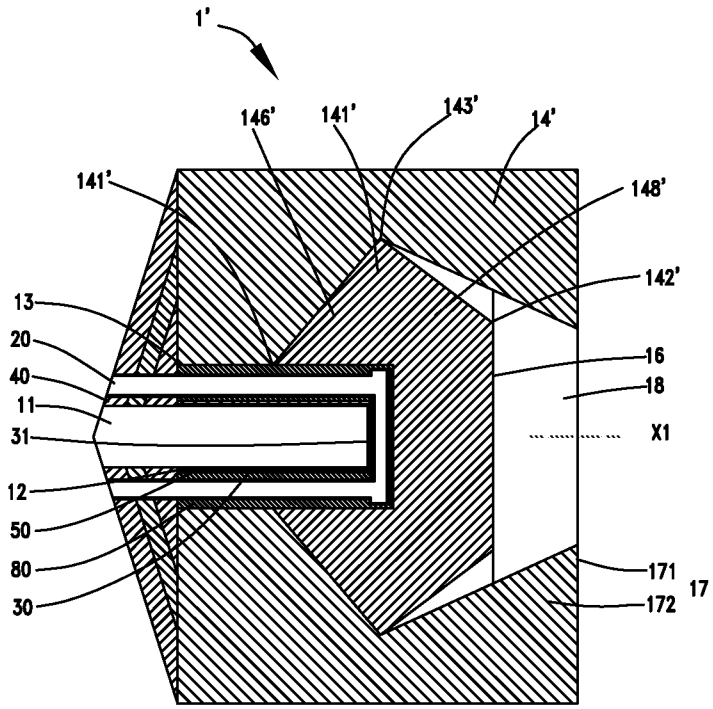

1'
146'
141'
143'
14'
141'
148'
142'
13
20
16
40
18
11
X1
31
12
50
171
17
80
172
30

图4

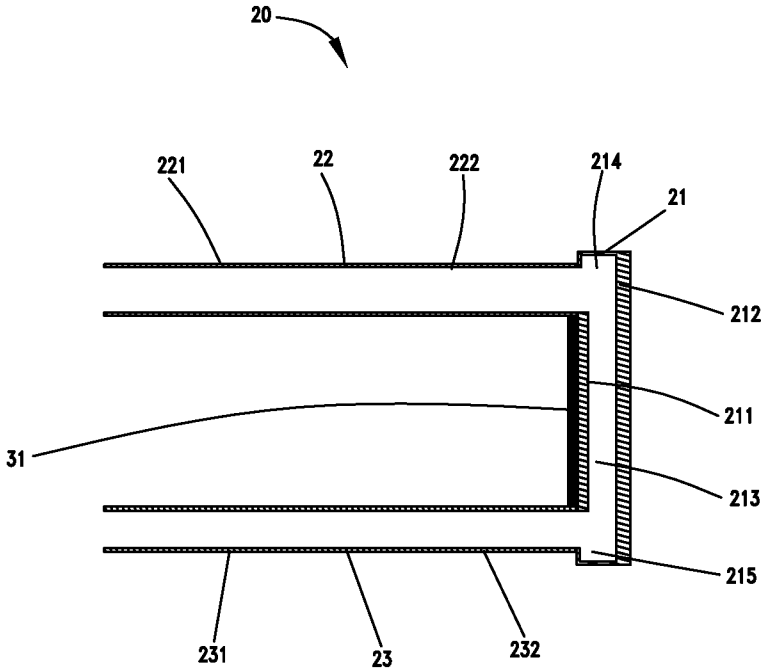

20
221
22
222
214
21
212
211
31
213
215
231
23
232

图5

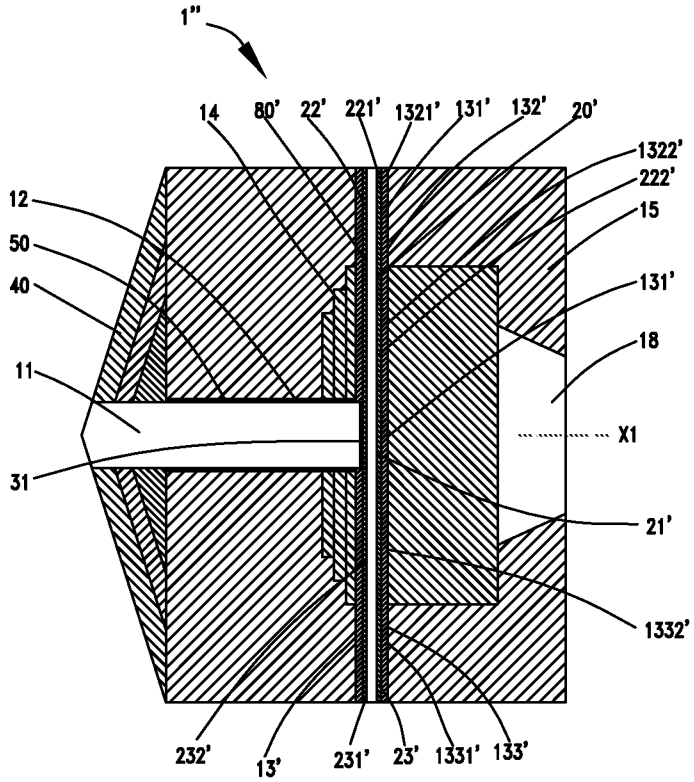

1"
14
80'
22'
221'
1321'
131'
132'
20'
1322'
222'
15
12
50
40
131'
18
11
X1
31
21'
1332'
232'
13'
231'
23'
1331'
133'

图6

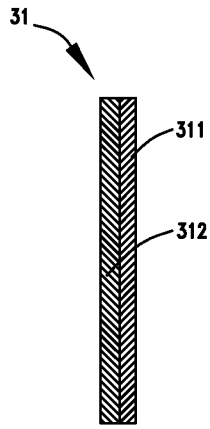


图7

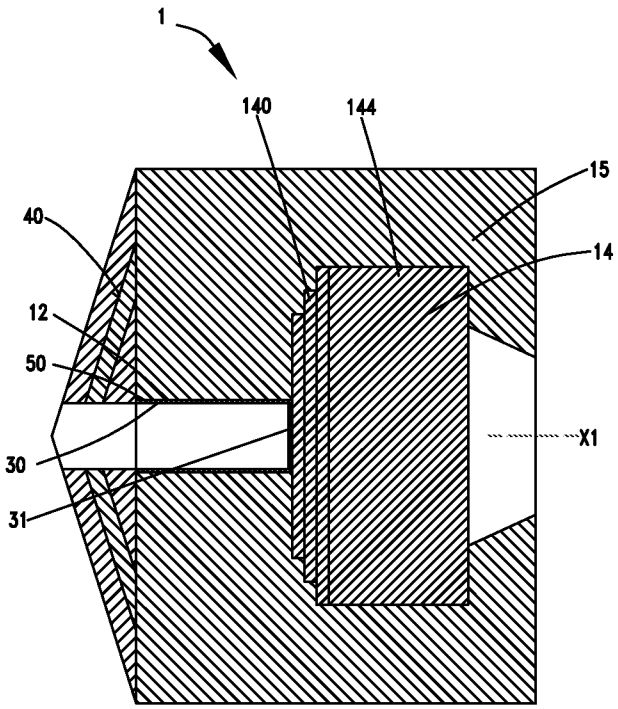


图8

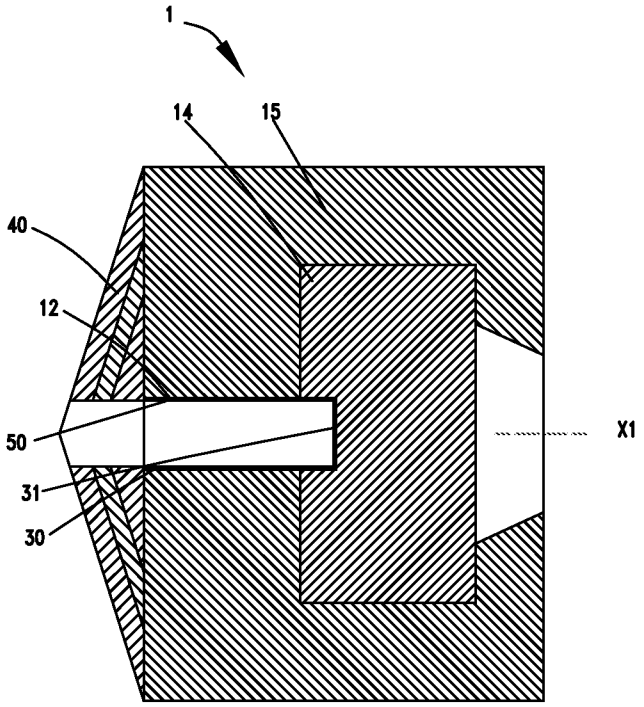


图9

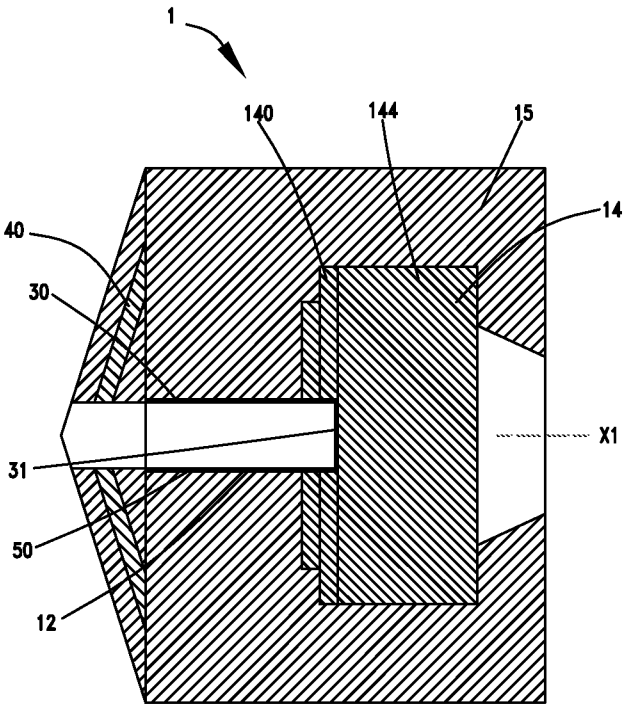


图10

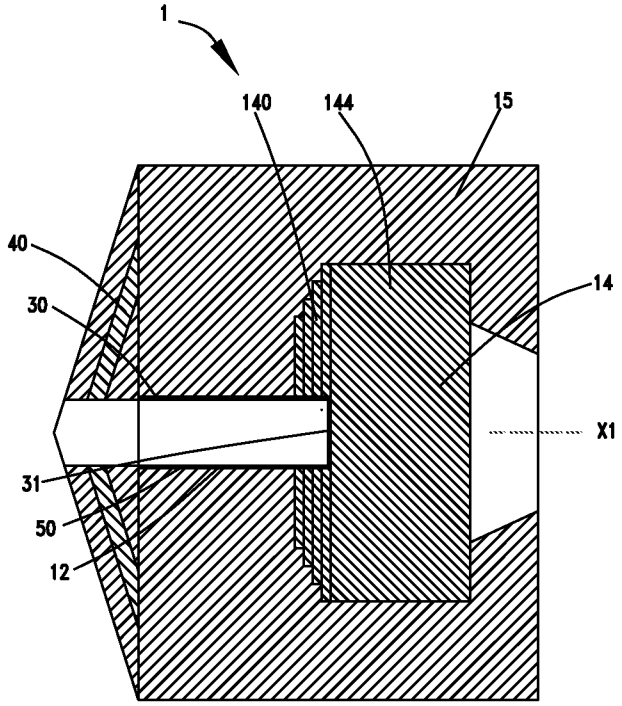


图11

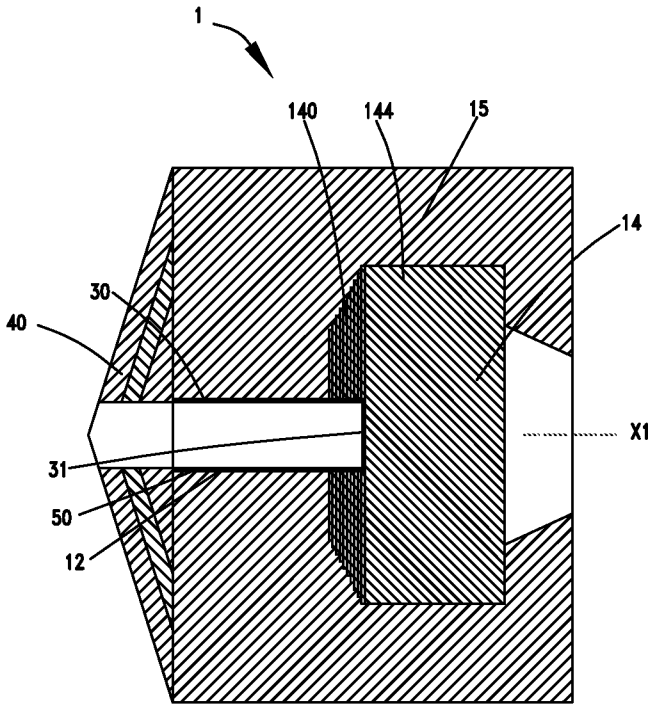


图12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/100787

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A61N 5/10(2006.01)i; G21K 1/00(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)

A61N; G21K

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

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

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT: 硼, 中子, 缓速, 减速, 慢化, 慢速, 氟化物, 氟化锂, 氟化镁, 台阶, 阶梯, 直径, 外径, 大小, 尺寸, Boron Neutron Capture Therapy, BNCT, moderator?, diameter

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 106798969 A (NEUBORON MEDTECH LTD.) 06 June 2017 (2017-06-06) description, paragraph [0082], and figure 8	1-5, 7, 8, 10-14
Y	CN 101829409 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 15 September 2010 (2010-09-15) description, paragraphs [0029] and [0030], and figure 2	1-5, 7, 8, 10-14
A	CN 105917251 A (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 31 August 2016 (2016-08-31) entire document	1-15
A	WO 2017146205 A1 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES LTD.) 31 August 2017 (2017-08-31) entire document	1-15

☐ 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	Date of mailing of the international search report
16 October 2018	**29 October 2018**

Name and mailing address of the ISA/CN	Authorized officer
State Intellectual Property Office of the P. R. China **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing** **100088** **China**	
Facsimile No. **(86-10)62019451**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2018/100787

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	106798969	A	06 June 2017	EP	3369457	A1	05 September 2018
				US	2018250524	A1	06 September 2018
				TW	M543059	U	11 June 2017
				WO	2017088606	A1	01 June 2017
CN	101829409	A	15 September 2010	CN	101829409	B	04 July 2012
CN	105917251	A	31 August 2016	WO	2015107727	A1	23 July 2015
				JP	2015132547	A	23 July 2015
				JP	6320761	B2	09 May 2018
WO	2017146205	A1	31 August 2017		None		

国际检索报告

国际申请号 PCT/CN2018/100787

A. 主题的分类

A61N 5/10(2006.01)i; G21K 1/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

A61N; G21K

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用）)

CNABS;CNTXT;CNKI;VEN;WOTXT;USTXT;EPTXT:硼，中子，缓速，减速，慢化，慢速，氟化物，氟化锂，氟化镁，台阶，阶梯，直径，外径，大小，尺寸，Boron Neutron Capture Therapy，BNCT，moderator?，diameter

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 106798969 A (南京中硼联康医疗科技有限公司) 2017年 6月 6日 (2017-06-06) 说明书第[0082]段，附图8	1-5、7、8、10-14
Y	CN 101829409 A (住友重机械工业株式会社) 2010年 9月 15日 (2010-09-15) 说明书第[0029]、[0030]段，附图2	1-5、7、8、10-14
A	CN 105917251 A (住友重机械工业株式会社) 2016年 8月 31日 (2016-08-31) 全文	1-15
A	WO 2017146205 A1 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES LTD) 2017年 8月 31日 (2017-08-31) 全文	1-15

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2018年 10月 16日	2018年 10月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址	受权官员
中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	郑佩
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(512)-88996194

表 PCT/ISA/210 (第2页) (2015年1月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2018/100787

检索报告引用的专利文件			公布日（年/月/日）	同族专利			公布日（年/月/日）
CN	106798969	A	2017年 6月 6日	EP	3369457	A1	2018年 9月 5日
				US	2018250524	A1	2018年 9月 6日
				TW	M543059	U	2017年 6月 11日
				WO	2017088606	A1	2017年 6月 1日
CN	101829409	A	2010年 9月 15日	CN	101829409	B	2012年 7月 4日
CN	105917251	A	2016年 8月 31日	WO	2015107727	A1	2015年 7月 23日
				JP	2015132547	A	2015年 7月 23日
				JP	6320761	B2	2018年 5月 9日
WO	2017146205	A1	2017年 8月 31日		无		