(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0090539
(43) 공개일자 2018년08월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21F 1/08 (2006.01) *C01B 6/00* (2006.01)
C01B 6/24 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G21F 1/08 (2013.01)
C01B 6/003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0015506
(22) 출원일자 2017년02월03일
심사청구일자 2017년02월03일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박창제
서울특별시 노원구 한글비석로 91, 108동 405호
박문규
서울특별시 노원구 노해로 508, 605동 604호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
홍성욱, 심경식

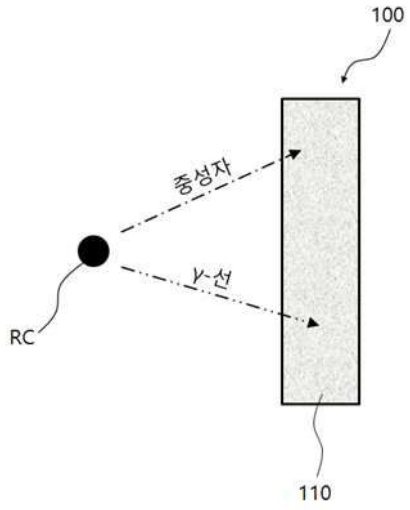
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 **메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐 물질 및 차폐막**

(57) 요 약

본 발명은 메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐 물질에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐 물질로서, 메탈하이드라이드는, 제1 금속원소, 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소, 및 수소 원소를 포함하고, 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질에 관한 것이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
C01B 6/24 (2013.01)
(72) 발명자
김선재
서울특별시 동작구 동작대로39길 22, 109동 1101호
최홍엽
서울특별시 광진구 능동로32길 82-32, 305호
양현우
인천광역시 계양구 용종로 123, 128동 1401호

명 세 서

청구범위

청구항 1

메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐 물질로서,

상기 메탈하이드라이드는,

제1 금속원소;

상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및

수소 원소를 포함하고,

상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 메탈하이드라이드는, WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 방사선 차폐 물질은 무연성(lead-free)인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

청구항 4

메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐막으로서,

상기 메탈하이드라이드는,

제1 금속원소;

상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및

수소 원소를 포함하고,

상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐막.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 방사선 차폐막은 상기 메탈하이드라이드를 포함하는 단일막으로 형성된 것을 특징으로 하는 방사선 차폐막.

청구항 6

메탈하이드라이드를 포함하는 방사선 차폐 물질로서,

상기 메탈하이드라이드는,

제1 금속원소;

상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및

수소 원소를 포함하고,

10MeV의 점선원으로부터 방출된 중성자 및 감마선이 10cm 두께의 상기 방사선 차폐 물질을 통과한 후 상기 점선원으로부터 11cm 이격된 거리에서 측정된 중성자 및 감마선의 플럭스는 각각 2.5E-04 #/㎠·s 이하인 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 메탈하이드라이드는, WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 방사선 차폐 물질.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 방사선 차폐 물질에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 메탈하이드라이드를 포함하여 감마선 및 중성자 모두에 대해 차폐 효율이 우수한 무연(lead-free) 방사선 차폐 물질에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 원자로나 고속증식로 등의 원자력 시설, 핵융합 시설이나 환부 의료용으로서 사용되는 방사선 치료 시설 등의 원자력 사업의 발전과 함께 이들 각 시설로부터 발생하는 인체에 유해한 방사선의 차폐 보호가 가능한 재료의 개발이 요구되고 있다.

[0004] 이러한 시설에서 발생하는 방사선은 알파 및 베타 입자, 중성자(neutron), 감마선(γ-ray) 등이 있으며, 이러한 중성자 및 감마선도 인체에 유해하므로 방사선 차폐막에는 인체로부터 이들을 안전하게 차폐하는 능력이 요구된다.

[0005] 종래의 방사선 차폐막은 주로 납을 포함하는 물질로 제조되었으며, 예를 들어, 납판을 그대로 사용하거나 납 분말이나 아산화납을 과량 고분자 수지에 배합한 방사선 차단막을 사용하여왔다. 그러나 이러한 납을 포함하는 차폐막은 무겁고 또한 제조, 사용, 폐기처리 과정에서 납에 의한 인체중독이나 공해가 발생하기 쉽다. 또한, 납을 포함하는 방사선 차폐막의 두께가 얇은 경우 제조과정에서 매우 작은 핀홀(pin-hole)의 발생으로 일부 방사선이 관통할 수도 있는 우려가 있다.

[0006] 또한, 중성자와 감마선은 각각 차폐 물질에 대한 감쇠 특성이 달라 하나의 물질로 이들을 모두 효과적으로 차단

하기 어렵다. 이에 따라, 일반적으로 도 1에 나타낸 바와 같이, 다층 구조의 차폐막을 사용하여 중성자 및 감마선을 차단할 수 있는 구조를 이용하였다. 구체적으로, 도 1을 참조하면, 선원(RC)으로부터 방출된 방사선은 중성자 및 감마선(γ-선)을 포함하고, 일반적인 차폐막(10)은 중성자를 차단하기 위한 제1 막(11) 및 감마선을 차단하기 위한 제2 막(13)을 포함한다.

[0007] 이와 같은 종래의 차폐막은, 그 두께가 두껍고 다층 구조가 요구되어 제조 단가가 높으며, 또한 납과 같은 유해성 물질이 포함되어 있는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 메탈하이드라이드(금속수소화물)를 포함하여 중성자 및 감마선을 모두 효율적으로 차단할 수 있고, 납을 포함하지 않아 인체 및 환경에 대한 유해성이 감소된 방사선 차폐 물질을 제공하는데 목적이 있다.

[0010] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제는 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 차폐 물질은, 메탈하이드라이드를 포함하고, 상기 메탈하이드라이드는, 제1 금속원소; 상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및 수소 원소를 포함하고, 상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함한다.

[0013] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 메탈하이드라이드는, WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 방사선 차폐 물질은 무연성(lead-free)일 수 있다.

[0015] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 차폐막은, 메탈하이드라이드를 포함하고, 상기 메탈하이드라이드는, 제1 금속원소; 상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및 수소 원소를 포함하고, 상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함한다.

[0016] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 방사선 차폐막은 상기 메탈하이드라이드를 포함하는 단일막으로 형성될 수 있다.

[0017] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 차폐 물질은 메탈하이드라이드를 포함하고, 상기 메탈하이드라이드는, 제1 금속원소; 상기 제1 금속원소보다 중량인 제2 금속원소; 및 수소 원소를 포함하고, 10MeV의 점선원으로부터 방출된 중성자 및 감마선이 10cm 두께의 상기 방사선 차폐 물질을 통과한 후 상기 점선원으로부터 11cm 이격된 거리에서 측정된 중성자 및 감마선의 플럭스는 각각 2.5E-04 #/㎠·s 이하이다.

[0018] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함할 수 있고, 상기 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함할 수 있다.

[0019] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 상기 메탈하이드라이드는, WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명은 본 발명의 방사선 차폐 물질은 제1 금속원소, 제1 금속원소보다 원자량이 큰 제2 금속원소 및 수소 원소를 포함하는 메탈하이드라이드를 포함함으로써, 종래의 차폐 물질에 비해 경량화되면서도, 아울러 중성자

및 감마선 양 측에 대해서 우수한 차폐 효율을 갖는다.

[0022] 또한, 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질은 무연 메탈하이드라이드를 포함하여 인체 및 환경에 대한 유해성을 최소화할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 종래의 방사선 차폐막을 설명하기 위한 단면 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 차폐 물질을 포함하는 방사선 차폐막을 나타내는 단면도이다.

도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질의 차폐율을 설명하기 위한 차폐율 측정 모델을 나타내는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

[0027] 상기 메탈하이드라이드는 중성자를 차단하는 금속성 원소 및 감마선을 차단하는 수소 원소를 포함할 수 있다. 또한, 상기 금속성 원소는 상대적으로 경량의 제1 금속원소 및 상대적으로 중량의(상대적으로 원자량이 큰) 제2 금속원소를 포함할 수 있다. 상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함할 수 있고, 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함한다. 이에 따라, 상기 메탈하이드라이드는 WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0028] 상기 메탈하이드라이드에 있어서, 상대적으로 경량인 제1 금속원소 및 수소원소를 중성자를 효과적으로 차단한다. 알려진 바와 같이, 중성자는 입자성을 갖는 것이므로 상대적으로 가벼운 원소물질에 의해 효과적으로 차단된다. 반면 상기 메탈하이드라이드에 있어서, 상대적으로 중량인 제2 금속원소는 감마선을 효과적으로 차단한다. 알려진 바와 같이, 감마선은 파동성을 갖는 것이므로 상대적으로 무거운 원소물질에 의해 효과적으로 차단된다.

[0029] 본 발명의 방사선 차폐 물질은 제1 금속원소, 제2 금속원소 및 수소 원소를 포함하는 메탈하이드라이드를 포함함으로써, 종래의 차폐 물질에 비해 경량화되면서도, 아울러 중성자 및 감마선 양 측에 대해서 우수한 차폐 효율을 갖는다. 따라서 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질은 우주 공학 등 경량화, 소형화된 방사선 차폐재가 요구되는 분야에 효과적으로 응용될 수 있다.

[0030] 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질은 무연성(lead-free)일 수 있고, 특히 무연 메탈하이드라이드를 포함할 수 있다. 상기 방사선 차폐 물질은 제2 금속원소로서 납을 포함하지 않고 텅스텐을 포함함으로써, 인체 및 환경에 대한 유해성을 최소화할 수 있다.

[0031] 다양한 실시예들에서, 10MeV의 점선원으로부터 방출된 중성자 및 감마선이 10cm 두께의 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질을 통과한 후, 상기 점선원으로부터 11cm 이격된 거리에서 측정된 중성자 및 감마선의 플럭스는 각각 2.5E-04 #/㎠·s 이하일 수 있다. 이와 같이, 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질은 중성자 및 감마선 양측을 모두 효과적으로 차단할 수 있다.

[0032] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 방사선 차폐막을 나타내는 단면도이다.

[0033] 도 2를 참조하면, 일 실시예에 따른 방사선 차폐막(100)은 메탈하이드라이드를 포함하는 단일막(110)을 포함한다. 또한 단일막(110)은 무연(lead-free) 메탈하이드라이드를 포함할 수 있다.

[0034] 상기 메탈하이드라이드는 중성자를 차단하는 금속성 원소 및 감마선을 차단하는 수소 원소를 포함할 수 있다. 또한, 상기 금속성 원소는 상대적으로 경량의 제1 금속원소 및 상대적으로 중량의 제2 금속원소를 포함할 수 있

다. 상기 제1 금속원소는 붕소(B), 리튬(Li) 및 철(Fe) 중 적어도 하나를 포함할 수 있고, 제2 금속원소는 텅스텐(W)을 포함한다.

[0035] 이에 따라, 상기 메탈하이드라이드는 WBH_4, $LiWH_4$ 및 $WFeH_6$ 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0036] 이러한 실시예들에 따른 방사선 차폐막(100)은 단일막(110)의 구조만으로도 선원(RC)으로부터 방출된 중성자 및 감마선(γ-선)을 모두 차단할 수 있다. 따라서 다층구조인 방사선 차폐막(100)에 비해 그 제조가 용이하고, 두께도 감소시킬 수 있어서 여러 분야에 폭넓게 응용할 수 있다.

[0037] 또한, 종래의 방사선 차폐막은 다층 구조 중 하나의 층에만 불량이 발생한 경우 어느 층에서 불량이 발생한 것인지 탐지하기 어려워, 다층 구조 전체를 교체하여야 하므로 관리 비용이 높고 관리에 어려움이 있다. 반면, 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐막(100)은 단일막(110)으로 형성되므로, 불량이 발생한 위치 등을 정확하게 파악할 수 있고, 불량 발생시 교체가 용이하다.

[0038] 이와 같이 실시예에 따른 방사선 차폐 물질 및 방사선 차폐막(100)은 종래의 차폐막에 비해 경량화되어 있고, 부피적인 측면에서 유리한 점들을 갖추고 있다.

[0040] **실시예들**

[0041] 도 3은 본 발명의 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질의 차폐율을 설명하기 위한 차폐율 측정 모델을 나타내는 모식도이다.

[0042] 방사선 차폐에 사용하는 물질을 대상으로 전산모사 및 시뮬레이션을 수행하였다. 이때, 방사선 선원의 에너지 세기와 차폐 물질의 두께는 고정하고, 차폐물질의 종류를 변화하면서 전산모사 및 시뮬레이션을 수행하였다.

[0043] 이러한 차폐율 측정 모델은 도 3에 나타낸 바와 같다. 도 3을 참조하면, 선원(RC)은 중심부에 위치하며, 10MeV의 점선원이고 상기 선원(RC)에서는 중성자 및 감마선이 방출된다. 차폐막(210)은 비교예들 및 실시예들에 따라 서로 다른 물질들로 형성되어 있으며, 선원(RC)을 중심으로 반지름이 R1인 구형으로 이루어져 있다. 이때, R1은 10cm이다. 또한, 차폐막(210)으로부터 R2(=1cm) 떨어진 가상의 구형의 위치에서 방사선의 플럭스가 측정되며, 상기 방사선 플럭스의 측정 위치는 측정점(230)으로 정의된다. 따라서 상기 측정점(230)은 선원(RC)으로부터 11cm 이격된 지점이다. 이때, 상기 플럭스는 시간당 단위면적당 입자수로 정의되며, 그 단위는 #/㎠·s이다. 표 1은 종래에 알려진 물질로 형성된 차폐 물질로 형성된 비교예들에 대한 플럭스 측정 데이터이고, 표 2는 종래에 알려지지 않은 하이드라이드 물질로 형성된 비교예들에 대한 플럭스 측정 데이터이며, 표 3은 실시예들에 대한 플럭스 측정 데이터이다.

표 1

[0045]

연번	물질	밀도	감마선		중성자	
			플럭스	Relative Error	플럭스	Relative Error
1	CaH_2	1.70 g/cc	1.17E-03	0.0003	7.67E-04	0.0002
2	Mg_2NiH_4	2.71 g/cc	1.09E-03	0.0003	7.67E-04	0.0002
3	Mg_2FeH_6	2.74 g/cc	1.08E-03	0.0003	7.44E-04	0.0003
4	AlH_3	1.477 g/cc	1.07E-03	0.0002	8.45E-04	0.0002
5	MgH_2	1.45 g/cc	1.07E-03	0.0002	8.68E-04	0.0002
6	B_4C	2.52 g/cc	1.07E-03	0.0002	8.26E-04	0.0002
7	NaH	1.396 g/cc	1.05E-03	0.0002	8.84E-04	0.0002
8	$NaAlH_4$	1.28 g/cc	1.04E-03	0.0002	8.86E-04	0.0002
9	AlH_4Na	1.24 g/cc	1.04E-03	0.0002	8.87E-04	0.0002
10	TiH_2	3.76 g/cc	1.02E-03	0.0003	6.77E-04	0.0003
11	LiH	0.78 g/cc	9.76E-04	0.0002	8.36E-04	0.0001

12	$NaBH_4$	1.0740 g/cc	9.69E-04	0.0002	7.06E-04	0.0002
13	$LiAlH_4$	0.917 g/cc	9.64E-04	0.0002	7.94E-04	0.0002
14	$LiNH_2$	1.178 g/cc	9.47E-04	0.0002	6.94E-04	0.0003
15	$LiBH_4$	0.666 g/cc	8.67E-04	0.0001	6.79E-04	0.0002
16	BeH_2	0.65 g/cc	8.63E-04	0.0001	1.06E-03	0.0002
17	콘크리트	2.4 g/cc	1.11E-03	0.0003	7.95E-04	0.0002
18	Fe	7.9 g/cc	4.52E-04	0.0006	9.41E-04	0.0002
19	Pb	11.3 g/cc	4.61E-05	0.0018	1.30E-03	0.0002
20	W	19.2 g/cc	3.62E-06	0.0062	1.54E-03	0.0002

표 2

[0047]

연번	물질	밀도	감마선		중성자	
			플럭스	Relative Error	플럭스	Relative Error
1	$PbBH_4$	9.2 g/cc	4.67E-04	0.0067	4.79E-04	0.0015
2	$TaBH_4$	11.8 g/cc	5.28E-05	0.0053	2.54E-04	0.0023
3	$CeBH_4$	5.8 g/cc	4.60E-04	0.0022	5.83E-04	0.0012
4	$GdBH_4$	6.6 g/cc	3.36E-04	0.0023	5.55E-04	0.0013
5	$ErBH_4$	7.3 g/cc	2.53E-04	0.0025	4.90E-04	0.0014
6	$NdBH_4$	5.9 g/cc	4.28E-04	0.0018	5.85E-04	0.0012
7	$LiPbH_4$	9.9 g/cc	4.56E-04	0.0005	4.10E-04	0.0006
8	$LiCeH_4$	6.09 g/cc	5.98E-04	0.0004	4.23E-04	0.0006
9	$PbFeH_6$	8.9 g/cc	1.24E-04	0.0005	5.92E-04	0.0006
10	FeH_6	3.2 g/cc	1.03E-03	0.0004	4.34E-04	0.0006

표 3

[0049]

연번	물질	밀도	감마선		중성자	
			플럭스	Relative Error	플럭스	Relative Error
1	WBH_4	13.0 g/cc	3.45E-05	0.0066	2.16E-04	0.0025
2	$LiWH_4$	14.7 g/cc	1.60E-04	0.001	1.89E-05	0.0028
2	$WFeH_6$	15.1 g/cc	2.01E-05	0.0003	5.06E-05	0.0002

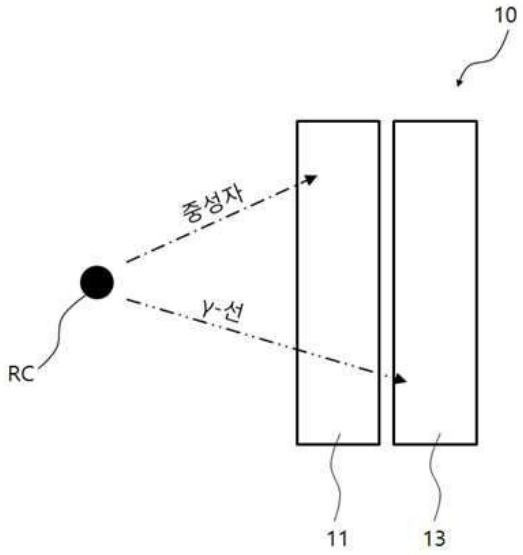
[0051] 표 1에 나타난 바와 같이, 종래에 주로 사용되는 납 및 텅스텐은 감마선 차폐에는 우수하였으나, 중성자 차폐 효율은 현저하게 낮은 것을 알 수 있다. 또한, 표 1의 비교예들은 감마선 및 중성자 양측 모두에 대해 2.5E-04 이하의 플럭스를 보여주지 못하는 것을 알 수 있다. 또한, 표 2의 비교예들도 감마선 및 중성자 양측 모두에 대해 2.5E-04 이하의 플럭스를 보여주지 못하는 것을 알 수 있다. 즉, 비교예들은 감마선 또는 중성자 중 어느 하나에 대한 차폐 효율은 높을 수 있으나, 감마선 및 중성자 양측 모두에 대해 우수한 차폐 능력을 보여주지 못한다.

[0052] 반편, 표 3에 나타는 바와 같이, 실시예들에 따른 방사선 차폐 물질은 감마선 및 중성자 양측 모두에 대해 2.5E-04 이하의 플럭스를 나타내는바, 감마선 및 중성자 양측 모두에 대해 우수한 차폐 능력을 갖는 것을 알 수 있다.

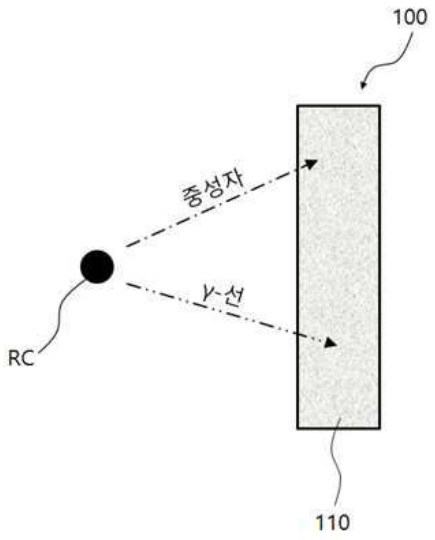
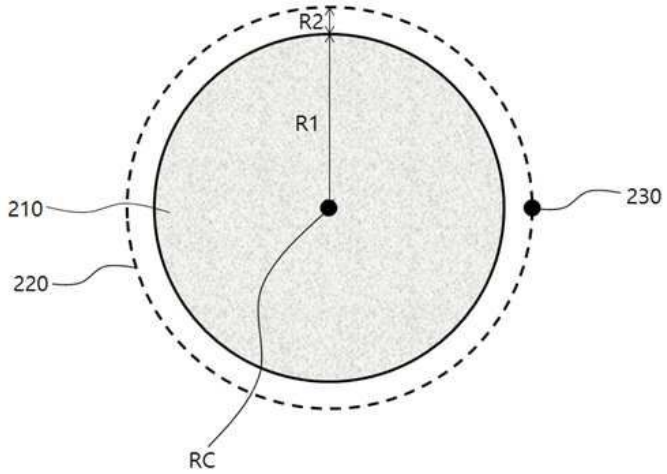
[0054] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 이는 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 따라서, 본 발명 사상은 아래에 기재된 특허청구범위에 의해서만 파악되어야 하고, 이의 균등 또는 등가적 변형 모두는 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

도면1



도면2



도면3