



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년06월28일
(11) 등록번호 10-1633493
(24) 등록일자 2016년06월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21C 3/28 (2006.01) G21C 1/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0093893
(22) 출원일자 2014년07월24일
심사청구일자 2014년07월24일
(65) 공개번호 10-2016-0013305
(43) 공개일자 2016년02월04일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020100129289 A*
KR1020120104218 A*
KR1019990018470 A
JP09211163 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박문규
대전 유성구 엑스포로 448, 104동 702호 (전민동, 엑스포아파트)
박창제
서울특별시 광진구 동일로32길 20, 602호 (군자동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
홍성욱, 심경식

전체 청구항 수 : 총 7 항

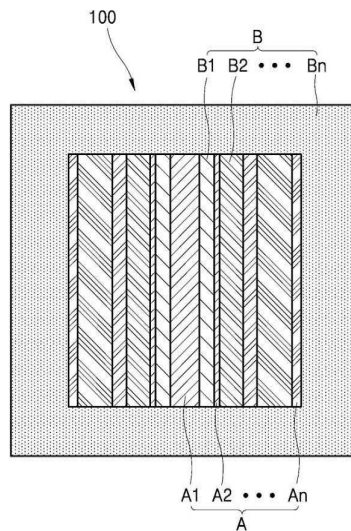
심사관 : 이용호

(54) 발명의 명칭 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로

(57) 요약

본 발명은 중성자 삽입으로 인해 발생하는 핵분열을 반경 방향을 따라 순차적으로 연쇄반응시키는 연쇄 핵분열 반응부; 및 상기 연쇄 핵분열 반응부의 외주를 커버하며, 핵연료성 물질로 형성되는 외곽 반응부를 포함하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심을 제공한다. 또한, 본 발명은 상기 노심을 갖는 원자로도 제공한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

정해용

대전광역시 동구 계족로140번길 33, 102동 1102호
(대동, 펜타뷰)

정우식

서울특별시 광진구 능동로 209, 광개토관 1013B (군자동)

김기현

서울특별시 광진구 능동로 209, 광개토관 1003A (군자동)

명세서

청구범위

청구항 1

중성자 삽입으로 인해 발생하는 핵분열을 반경 방향을 따라 순차적으로 연쇄반응시키는 연쇄 핵분열 반응부; 및
상기 연쇄 핵분열 반응부의 외주를 커버하며, 핵연료성 물질로 형성되는 외곽 반응부를 포함하고,

상기 연쇄 핵분열 반응부는,

중심으로부터 반경 방향을 따라 다수의 핵분열성 물질층과, 다수의 핵연료성 물질층이 교차되도록 배치되어 형성됨으로써, 핵분열로 방출되는 고속 중성자를 이용하여 상기 핵분열성 물질층 각각의 외곽에 배치되는 상기 핵연료성 물질층 각각을 핵분열성 물질로 전환하되, 상기 핵분열성 물질로 전환된 핵연료성 물질층 내부의 물질이 모두 소모될 때마다 핵분열 연쇄 반응이 나머지 핵연료성 물질층으로 이동하여 순차적으로 상기 다수의 핵연료성 물질층을 핵분열성 물질로 전환하고,

상기 핵분열성 물질층과 핵연료성 물질층은

노심 크기의 변경 및 자유로운 출력 제어를 위해 각 층의 두께 및 개수가 조절 가능하게 설계되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 다수의 핵분열성 물질층과, 상기 다수의 핵연료성 물질층은 서로 착탈 가능하게 배치되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 다수의 핵분열성 물질층과, 상기 다수의 핵연료성 물질층은 반경 방향을 따라 두께가 서로 다르게 형성되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 다수의 핵분열성 물질층은 우라늄(U)-235, U-233 중 적어도 하나로 형성되고,

상기 다수의 핵연료성 물질층은 U-238, 토륨(Th)-232 중 적어도 하나로 형성되고,

상기 외곽 반응부는, U-238, Th-232, 또는 흑연(Graphite) 중 적어도 하나로 형성되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 6

제 5항에 있어서,

반경 방향을 따르는 상기 외곽 반응부의 두께는,

상기 다수의 핵분열성 물질층 및 상기 다수의 핵연료성 물질층의 두께 보다 상대적으로 두껍게 형성되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 노심은,

원통형 또는 구형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심.

청구항 9

제 1항, 제 3항 내지 제 6항, 제 8항 중 어느 하나의 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심을 포함하는 것을 특징으로 하는 원자로.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 원자로 노심에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 노심의 크기를 조절할 수 있으며, 원하는 출력을 이룰도록 제어할 수 있는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 통상, 고속로형 소형 모듈화 원자로에서는 핵분열성(fissile) 물질과 핵연료성(fertile) 물질을 분리하여 배치한다.

[0003] 또한, 종래의 고속로형 소형 모듈화 원자로는 핵연료성(fertile) 물질을 핵분열성(fissile) 물질로 전환시켜 원자로를 임계로 유지하여 출력을 생산하는 원리로 설계된다.

[0004] 종래의 고속로형 소형 모듈화 원자로를 설계함에 있어서, 출력을 증가시키도록 하는 경우, 노심의 크기를 증가시키거나, 핵연료 농축도를 증가시켜야 하는 등 의 추가 사항을 설계시 반영하여야 한다.

[0005] 그러나, 소형 저출력 원자로에서는 핵연료 교체없이 30~40년의 장주기 노심 설계를 위해 노심 출력을 상승시키거나, 고농축 우라늄의 사용과 같은 요구 사항은 적합하지 않다.

[0006] 특히, 종래에는 핵분열성 물질의 연소로 인해 출력 분포가 불균형을 이루기 때문에, 노심 제어를 효과적으로 수행하기 어려운 문제점이 있다.

[0007] 또한, 종래에는 고출력으로 운전을 실시하는 경우, 외부로의 누출이 상대적으로 증가하는 문제점이 있다.

[0008] 이에 따라, 근래에 들어, 노심의 크기를 최소화하면서 요구되는 설계 조건과 출력을 만족하기 위한 노심 설계 기법에 대한 연구가 요구된다.

[0009] 본 발명과 관련된 선행문헌으로는 대한민국 공개특허 공개번호 제10-1991-0014957호(공개일: 1991.08.31)가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명의 목적은, 중심부로부터 외측을 따라 다중의 핵분열 연쇄반응을 유도하도록 하여 노심 크기를 증가시키지 않고 핵분열 연쇄 반응을 지속적으로 유지할 수 있는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로를 제공함에 있다.
- [0011] 본 발명의 다른 목적은, 중심부로부터 외측을 따라 다중의 핵분열성층을 형성하고, 각 층의 수 및 두께를 조절하여 노심 크기를 변경하여 설계할 수 있도록 함과 아울러, 출력을 자유로이 제어할 수 있는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 일 양태에 있어서, 본 발명은 중성자 삽입으로 인해 발생하는 핵분열을 반경 방향을 따라 순차적으로 연쇄반응시키는 연쇄 핵분열 반응부; 및 상기 연쇄 핵분열 반응부의 외주를 커버하며, 핵연료성 물질로 형성되는 외곽 반응부를 포함하는 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심을 제공한다.
- [0013] 상기 연쇄 핵분열 반응부는, 중심으로부터 반경 방향을 따라 다수의 핵분열성 물질층과, 다수의 핵연료성 물질층이 교차되도록 배치되어 형성되는 것이 바람직하다.
- [0014] 상기 다수의 핵분열성 물질층과, 상기 다수의 핵연료성 물질층은 서로 착탈 가능하게 배치되는 것이 바람직하다.
- [0015] 상기 다수의 핵분열성 물질층과, 상기 다수의 핵연료성 물질층은 반경 방향을 따라 두께가 서로 다르게 형성되는 것이 바람직하다.
- [0016] 상기 다수의 핵분열성 물질층은 우라늄(U)-235, U-233 중 적어도 하나로 형성되고, 상기 다수의 핵연료성 물질층은 U-238, 토륨(Th)-232 중 적어도 하나로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0017] 또한, 상기 외곽 반응부는, U-238, Th-232, 또는 흑연(Graphite) 중 적어도 하나로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0018] 또한, 반경 방향을 따르는 상기 외곽 반응부의 두께는, 상기 다수의 핵분열성 물질층 및 상기 다수의 핵연료성 물질층의 두께 보다 상대적으로 두껍게 형성되는 것이 바람직하다.
- [0019] 상기 핵분열을 반경 방향을 따라 순차적으로 연쇄반응하는 경우, 상기 노심의 유효 임계도는 1로부터 설정된 오차 범위에 포함되도록 형성되는 것이 바람직하다.
- [0020] 상기 노심은, 원통형 또는 구형으로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0021] 다른 양태에 있어서, 본 발명은 상술한 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심을 포함하는 원자로를 제공한다.

발명의 효과

- [0022] 본 발명은, 중심부로부터 외측을 따라 다중의 핵분열 연쇄반응을 유도하도록 하여 노심 크기를 증가시키지 않고 핵분열 연쇄 반응을 지속적으로 유지하도록 하여 노심을 소형 모듈화시킬 수 있는 효과를 갖는다.
- [0023] 또한, 본 발명은, 중심부로부터 외측을 따라 다중의 핵분열성층을 형성하고, 각 층의 수 및 두께를 조절하여 노심 크기를 변경하여 설계할 수 있도록 함과 아울러, 출력을 자유로이 제어할 수 있는 효과를 갖는다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 사시도이다.

도 2는 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 횡단면도이다.

도 3은 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 종단면도이다.

도 4는 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심에서, 방사 시간에 따른 노심 유효 임계도 결과를 보여주는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로를 설명한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 사시도이고, 도 2는 본 발명의 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 횡단면도이고, 도 3은 본 발명의 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심을 보여주는 종단면도이다.
- [0027] 도 1을 참조 하면, 본 발명의 원자로는 노심(100)을 포함한다. 본 발명의 노심(100)은 원통형상으로 형성될 수도 있고, 구 형상으로 형성될 수도 있다.
- [0028] 이하의 설명에서는, 노심(100)이 원통형상으로 형성되는 예를 대표적인 예로 설명한다.
- [0029] 도 2 및 도 3을 참조 하면, 본 발명의 원자로 노심(100)은 크게 연쇄 핵분열 반응부(A,B)와, 외곽 반응부(Bn)로 구성된다.
- [0030] 상기 연쇄 핵분열 반응부는 다수의 핵분열성 물질층(A)과, 다수의 핵연료성 물질층(B)으로 구성된다.
- [0031] 다수의 핵분열성 물질층(A)은 우라늄(U)-235, U-233 등으로 형성되고, 다수의 핵연료성 물질층(b)은 U-238, 토륨(Th)-232 등으로 형성된다.
- [0032] 본 발명에 따르는 다수의 핵분열성 물질층(A)과, 다수의 핵연료성 물질층(B)은 중심으로부터 반경 방향을 따라 서로 교차되도록 배치된다.
- [0033] 여기서, 다수의 핵분열성 물질층(A) 중, 노심(100)의 중심부에 배치되는 제 1핵분열성 물질층(A1)은 원기둥 형상으로 형성된다.
- [0034] 그리고, 제 1핵분열성 물질층(A1)은 제 1핵연료성 물질층(B1)에 의해 둘레가 에워싸여질 수 있다. 여기서, 상기 제 1핵연료성 물질층(B1)은 원통 형상으로 형성된다.
- [0035] 그리고, 상기 제 1핵연료성 물질층(B1)은 원통 형상으로 형성되는 제 2핵분열성 물질층(A2)에 의해 둘레가 에워싸여진다.
- [0036] 상기 제 2핵분열성 물질층(A2)은 링 형상의 제 2핵연료성 물질층(B2)에 의해 둘레가 에워싸여진다.
- [0037] 상기와 같은 방식으로, 상기와 같은 방식으로 제 n핵분열성 물질층(An)은 제 n핵연료성 물질층(Bn)에 의해 둘레가 에워싸여진다.
- [0038] 여기서, 제 n핵분열성 물질층(Bn)은 상술한 외곽 반응부로 구성된다.
- [0039] 상기 외곽 반응부는 U-238, Th-232, 또는 흑연(Graphite) 등으로 형성될 수 있다.
- [0040] 한편, 도면에 도시되지는 않았지만, 상술한 다수의 핵분열성 물질층(A)과 다수의 핵연료성 물질층(B)은 서로 착탈 가능하게 구성될 수 있다.
- [0041] 착탈의 방식은 슬라이딩 끼움 방식이 바람직하며, 핵분열성 물질층(A)과 핵연료성 물질층(B) 중 어느 하나에 슬라이딩 돌기가 형성되고, 다른 하나에 슬라이딩 돌기가 활주되어 끼워지는 슬라이딩 홈이 형성될 수 있다.
- [0042] 이외, 슬라이딩 결합 방식 이외에, 스크류 결합 방식이 적용될 수 있다.
- [0043] 물론, 원통 형상의 핵분열성 물질층(A)과 핵연료성 물질층(B)이 착탈 가능하게 결합되는 방식은 상기 방식들 이외 다른 방식이 적용될 수 있다.
- [0044] 상기와 같이 핵분열성 물질층(A)과, 핵연료성 물질층(B)을 착탈 가능하게 구성함으로써, 반경 방향으로의 노심 크기를 자유로이 설계할 수 있다.

- [0045] 따라서, 본 발명에서는 요구되는 출력에 따라 이러한 핵분열성 물질과 핵연료성 물질의 다중 층(A,B)을 확대 또는 축소할 수 있는 설계의 유연성을 가질 수 있다.
- [0046] 다음은, 도 2 내지 도 4를 참조 하여, 본 발명의 다중 핵분열성층 소형 모듈화 원자로 노심의 작용을 설명한다.
- [0047] 도 2 및 도 3을 참조 하면, 노심(100)의 중심부에는 핵분열성 물질로 이루어지는 제 1핵분열성 물질층(A1)이 위치되고, 핵분열로 방출하는 고속 중성자를 이용하여 제 1핵분열성 물질층(A1)의 외곽에 배치되는 제 1핵연료성 물질층(B1)을 핵분열성 물질로 전환할 수 있다.
- [0048] 그리고, 핵분열성 물질로 전환된 제 1핵연료성 물질층(B1) 내부의 물질이 모두 소모되면, 핵분열 연쇄반응이 다시 전환된 외부의 제 2핵연료성 물질층(B2)으로 이동할 수 있다.
- [0049] 이때, 제 1핵연료성 물질층(A1)에서의 물질이 핵분열성 물질로 설정된 기준 이상으로 충분하게 전환되었기 때문에, 도 4에 도시되는 바와 같이, 1로부터 설정된 오차 범위에 포함되는 유효 임계도(실시예)를 유지하면서, 핵분열 연쇄반응을 유지할 수 있다.
- [0050] 또한, 제 1핵분열성 물질층(A1)에서의 핵분열 물질이 일정 기준 이하로 소진되는 경우, 그 외곽에 위치되는 핵분열 물질로 전환된 제 1핵연료성 물질층(B1) 및 제 2핵분열성 물질층(A2)의 핵분열로 인해 상대적으로 더 오랫동안 지속될 수 있다.
- [0051] 이에 더하여, 핵분열 물질로 전환된 제 1핵연료성 물질층(B1) 및 제 2핵분열성 물질층(A2)은 그 외곽에 배치되는 제 2핵연료성 물질층(B2)을 재차 핵분열 물질로 전환하는 역할을 한다.
- [0052] 정리하자면, 실시예의 경우, 노심(100)의 중심부로부터 반경 방향을 따라 다수의 핵분열성 물질층(A)과 다수의 핵연료성 물질층(B)을 서로 교차되도록 배치하고, 노심(100)의 중심부로부터 핵분열을 연쇄적 또는 지속적으로 발생되도록 함으로써, 도 4에 도시되는 바와 같이 노심(100)의 유효 임계도가 1 근처가 되도록 유지될 수 있다.
- [0053] 도 4에 도시되는 비교예는 배경기술에서 언급된 소형 원자로의 노심이다.
- [0054] 이에 따라, 핵연료성 물질은 중성자에 의해 핵분열성 물질로 변환되며 주기 동안 순차적으로 변환될 수 있다.
- [0055] 이에 더하여, 본 발명에서는 다수의 핵분열성 물질층과 다수의 핵연료성 물질층을 서로 착탈 가능하게 배치하고, 중심부에 핵분열 물질을 배치함으로써, 노심 크기를 줄일 수 있는 잇점이 있다.
- [0056] 또한, 다수의 핵분열성 물질층과 다수의 핵연료성 물질층을 착탈함으로써, 요구되는 출력에 따라 각 층을 반경 방향을 따라 확대 또는 축소할 수 있는 설계의 유연성이 있다.
- [0057] 이상, 상기와 같은 구성 및 작용을 통해, 본 발명에 따르는 실시예는 노심의 중심부로부터 반경 방향 외측을 따라 다중의 핵분열 연쇄반응을 순차적으로 발생되도록 하여, 노심 크기를 증가시키지 않고 핵분열 연쇄 반응을 지속적으로 유지하도록 하여 노심을 소형 모듈화 시킬 수 있다.
- [0058] 또한, 본 발명에 따르는 실시예는 노심의 중심부로부터 외측을 따라 다중의 핵분열성층을 형성하고, 각 층의 수 및 두께를 조절하여 노심 크기를 변경하여 설계할 수 있도록 함과 아울러, 출력을 자유로이 제어할 수 있다.
- [0059] 더하여, 본 발명에 따르는 실시예는 외부 반사체를 적용하여 중성자속의 누출을 방지할 수도 있다.
- [0060] 또한, 본 발명에 따르는 실시예는 소형 모듈화된 노심을 이동하거나 및 설치하는 경우 유지 보수가 용이하고 수명후 해체 처리시 종래 대비 편리한 잇점이 있다.
- [0061] 또한, 본 발명에서의 핵분열성 물질층들 및 핵연료성 물질층들 각각의 두께를 서로 다르게 구성함으로써, 노심의 두께를 변경하기 위해 어느 하나 또는 그 이상의 층을 부가하거나 제거하는 경우, 노심의 크기를 더 미세하게 변경 설계할 수 있는 잇점이 있다.
- [0062] 이상, 본 발명의 다중 핵분열성층을 갖는 소형 모듈화 원자로 노심 및 이를 갖는 원자로에 관한 구체적인 실시예에 관하여 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서는 여러 가지 실시 변형이 가능함을 자명하다.
- [0063] 그러므로 본 발명의 범위에는 설명된 실시예에 국한되어 전해져서는 안 되며, 후술하는 특허청구범위뿐만 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

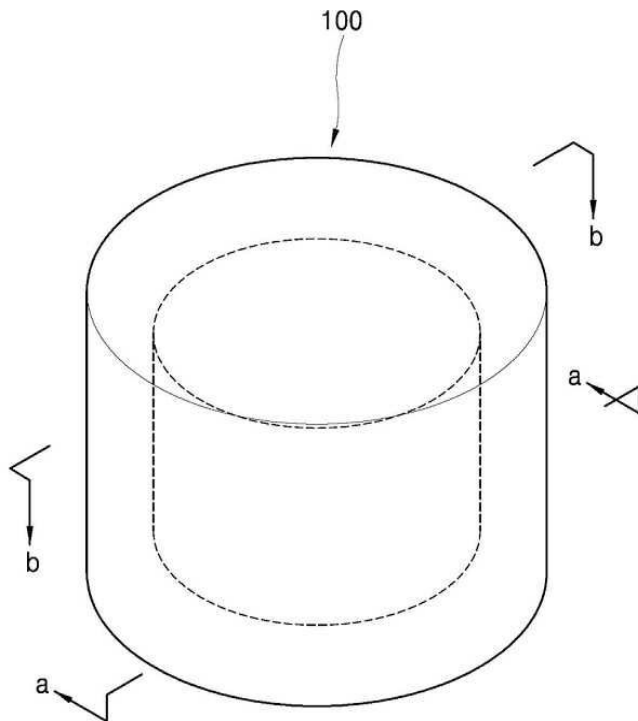
[0064] 즉, 전술된 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며, 한정적인 것이 아닌 것으로 이해되어야 하며, 본 발명의 범위는 상세한 설명보다는 후술될 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 그 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 등가 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

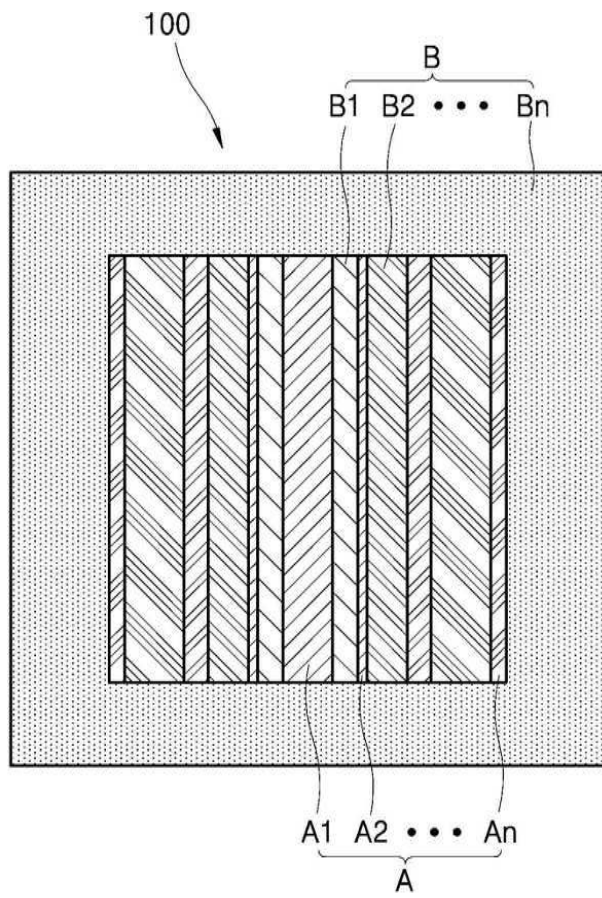
[0065] 100 : 노심
A : 핵분열성 물질층
B : 핵연료성 물질층

도면

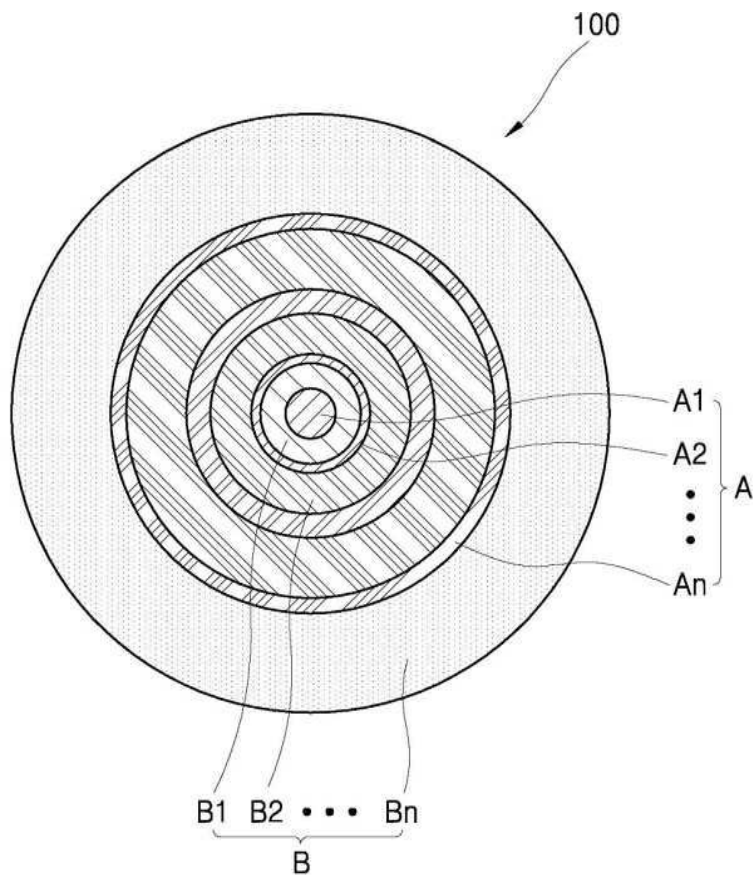
도면1



도면2



도면3



도면4

