

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 특허공보(B1)

(51) Int. Cl.⁶
G21C 21/00

(45) 공고일자 1997년03월21일

(11) 공고번호 특1997-0003787

(24) 등록일자 1997년03월21일

| | | | |
|-------------|----------------------------|-----------|---------------|
| (21) 출원번호 | 특1993-0005252 | (65) 공개번호 | 특1994-0004658 |
| (22) 출원일자 | 1993년03월31일 | (43) 공개일자 | 1994년03월15일 |
| (30) 우선권 주장 | 924,731 1992년08월03일 미국(US) | | |

(73) 특허권자 컴버스천 엔지니어링 인코포레이티드 로버트 에스. 벨 2세

미국, 코벡티컷 06095, 원저, 프로스펙트 힐 로드 1000

(72) 발명자 윌리엄 제이. 브라이언

미국, 코벡티컷 06035, 그랜비, 러쉬포드 메데 21

패트릭 에이. 페로티

미국, 코벡티컷 06111, 뉴잉턴, 캠브리지 드라이브 127

(74) 대리인 이병호, 최달용

심사관 : 김정옥 (책자공보 제4894호)

(54) 가연성 감속제의 스푸터링코팅

요약

요약 없음

대표도

도1

명세서

[발명의 명칭]

가연성 감속제의 스푸터링코팅

[도면의 간단한 설명]

제1도는 코팅공정에서 고정된 플래딩관의 개략도.

제2도는 제1도의 공정의 세부를 도시한 개략도.

제3도는 기층관의 내측에 비균일코팅을 형성하도록 비균일분포된 재료원관을 갖는 기층클래딩관의 개략도.

제4도는 두개의 순차도포코팅을 갖는 코팅관을 나타내고 두개의 별도의 재료원관이 상기 두개의 순차도포코팅에 이용되는 것을 도시하는 개략도.

제5도는 제1코팅이 기층관의 전장에 걸쳐 내측에 도포되고, 제2코팅은 관길이의 일부에만 도포되며, 제1재료원관이 기층관의 전장에 대응하는 균일한 재료조성물을 갖고, 제2재료원관으로부터 스푸터링될 재료는 기층관의 길이의 일부에만 뿜쳐있는 본 발명의 또다른 실시예의 개략도.

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

10 : 클래딩관 100, 300, 500, 600, 800, 900 : 원관

200 : 안내관 700 : 기층관

[발명의 상세한 설명]

발명의 배경

본 발명은 핵연료조립체에 관한 것이며, 특히, 연료조립체 코포넌트에 흡수성 코팅을 도포하는 것에 관한 것이다.

수년간에 걸쳐 경수원자로의 코어에서 연료조립체의 사이에 비균일하게 분포되어 코어에서 발생되는 전기 분포를 조절하는 중성자흡수제를 포함하는 것이 보편적이었다. 보다 특히, 이른바 '가연성 포이즌'은 통상적으로 연료 조립체의 일부 또는 전부를 통해 분포된 형태로 일례로 B₄C형태의 초기에는 중성자 흡수에 크게 효율적이나 연소사이클 진행중에 흡수효과가 감소되어 결국 효과가 0으로 된다.

그러한 종래의 가연성 감속제봉(posion rod)의 단점 중 하나는 각각의 가연성 조립체내의 핵연료봉을 감속제봉이 대체함으로써 특정연소사이클중에 코어로부터 추출할수 있는 전체전력 및 전체에너지를 감소시키는 것이다. 이러한 단점은 특정 연료봉에서의 평균전력비에 대한 하이피크를 회피하기위해서 전력의 국

부적 형태화에서의 가연성 감속제봉의 효율성으로 상쇄되는 것보다 크다. 미국 특허 제3,799,839호에는 핵연료조립체에서의 가연성 감속제의 이용의 일반적 설명이 기재되어 있다. 전력의 형태는 코어가 연소사이클의 초기에 그 최대전력 생산율로 작동하게 하지만 총연소사이클에너지 추출량에서는 약간의 손실을 가져온다.

이러한 단점을 감안하여 연료봉자체의 내부에 가연성 감속제를 합체시킴으로써 연료조립체에서의 가연성 감속제봉의 배치가 필요없게 하기 위한 노력이 있었다. 미국 특허 제4,54,984호에는 핵연료봉의 내측에 가연성 감속제와 게터(getter) 및 윤활제의 코팅을 제공하기 위한 방법이 기재되어 있다. 미국특허 제 4,824,634호에는 연료봉의 내측에 아크릴릭폴리머 결속제(binder)와 함께 천연 또는 농축형태의 이붕화아연을 도포하는 것이 기재되어 있다. 미국특허 제4,880,597호에는 졸-겔공정(sol-gel process)를 이용하여 연료봉이 내측에 배치된 농축붕소-10 및 유리가 기재되어 있다. 붕소에 더하여 가돌리늄 및 에르븀도 가연성 감속제로 유용한 성질을 가지고 있음이 공지되어 있다.

그러므로, 핵연료봉의 클래딩관의 내면에 가연성 감속제를 도포하기 위한 방법의 개선에 기여하는 많은 연구가 있어왔다. 약 0.953cm(0.375인치)의 내경을 갖는 이러한 관들은 그렇게 작은 내경은 물론이고 길 이마저 적어도 약 366cm(12피트)나 되기 때문에 상기와 같은 작업이 크게 곤란하게 한다. 클래딩내의 연료봉펠릿의 적층을 방해하는 잉여두께 구역을 만들거나 값비싼 코팅재료를 낭비하지 않고 그러한 관의 거의 전장에 걸쳐 내면에 균일한 코팅을 제공하는 것은 가격문제는 차치하고라도 실행상의 난점을 갖는다.

발명의 요약

본 발명은 작동중에 완전무결한 상태로 유지될 수 있는 가연성 감속제나 또다른 흡수성 내부코팅을 갖는 개선된 핵연료조립체의 관형 컴포넌트에 관한 것이다.

코팅은 금속, 유리 또는 세라믹이 관의 내면에 스프터링된 것이다. 코팅된 관의 아연합금면에 부착되며 아연합금면에 대한 부착성을 향상하기 위해 아연합금배관과 유사한 열팽창계수를 갖도록 선택된다.

가연성 감속제를 갖는 연료봉클래딩관의 내측을 코팅함에 있어서 코팅의 요구두께는 가연성 연료봉의 농도에 의존한다. 일례로, 천연붕소가 0.953cm(0.375인치)의 내경을 갖는 관면상에 스프터링될 때는 약 0.0005cm(0.0002인치)의 코팅두께가 필요하다. 코팅은 농축붕소를 갖는 가연성 감속제가 이용될 경우에는 보다 얇아질 수 있다. 또한 두께는 코팅될 연료봉의 수에도 의존한다.

코팅을 도포하기 위한 스프터링 공정이 수년간 널리 이용되었을지라도 스프터링은 이전부터 핵연료조립체의 관형 컴포넌트에 내면에 코팅을 도포하기에 적절한 방법으로 여겨지지는 않았다. 이는 연료봉의 극히 작은 직경에 기인하여 관형 부재의 내측에 코팅을 적층시키기 위해 스프터링공정을 이용하는 것이 불가능하거나 아니면 곤란하다는 탓도 있다.

이러한 문제들은 본 발명에 따른 플라스마를 제한하여 형성하기위해 주위방향의 자기장을 형성하는 결과로서 관면의 내측에 균일한 코팅이 도포되는 자전관(magnetron)을 이용한 개선된 플라스마스프터링법에 의해 해결되었다.

본 발명은 또한 가연성 감속제나 게터 등과 같은 흡수제를 갖는 연료조립체의 관형 컴포넌트의 내면을 스프터링코팅하는 방법에 관한 것이다. 이러한 방법은 클래딩관들을 지지하는 단계와 클래딩관내에 동축관계로 가연성 감속제들을 지지하는 단계를 포함하며, 그에 따라 상기 두개의 관의 사이에 원통형 환형부를 형성하게 한다. 환형공간은 진공으로 했다가 플라스마방출을 지속하기에 충분한 압력으로 아르곤 등과 같은 불활성 작동기체로 다시 채워진다. 클래딩관은 양극성으로서 대전되고 원관(source tube)은 음극으로서 대전되어 환형공간에 작동기체의 플라스마가 형성되게 한다. 주위방향의 자기장이 원관의 둘레에 발생되어 플라스마를 제한하고 형성함으로써 원관의 전장에 걸쳐 거의 균일하게 플라스마로부터의 이온이 충돌되게 한다. 그럼으로써 가연성 감속제가 원관으로부터 클래딩관의 내면상에 거의 균일하게 스프터링되어 가연성 감속제 코팅이 형성되게 한다.

이러한 방법은 클래딩내의 아연합금 또는 연료펠릿의 완전성을 해칠 수 있는 원자를 흡수하는 이른바, '게터' 재료를 스프터링하는 방법과 유사하다. 그러한 재료로서는 이트륨이 있으며, 그것서는 핵연료봉의 클래딩관의 내면에 코팅되거나 또는 가연성 감속제코팅과 조합된다.

'게터' 재료와 가연성 감속제의 코팅은 봉내에서 전장의 일부로 제한될 수도 있다. 이는 원관의 전장을 단축함으로써 행해진다. 이러한 방식으로 가연성 감속제는 봉의 전장에 걸쳐 조절될 수 있으며, 그럼으로써 피크를 회피하도록 또다시 형태화하고 감속제의 효과를 증대시킨다. '게터' 재료는 가연성 감속제가 요구되지 않는 단부, 즉, 충만구역 등과 같은 영역으로 제한될 수 있다. 이러한 방식으로 '게터'의 부가적 두께는 연료봉클래드의 크세에 대한 연료펠릿의 영향을 없앤다.

또한, 어떤 경우에는 가연성 감속제봉이나 또는 제어봉안내관의 내면등과 같은 핵연료봉이 아닌 관형 컴포넌트의 내면에 가연성 감속제나 또는 다른 흡수제를 제공하는 것이 바람직스러울 수도 있다. 이러한 모든 컴포넌트는 직경비에 대한 길이가 다양하고 본원에서 설명하는 것과는 다른 스프터링 공정을 이용하여 정확하게 코팅할 수 있기가 불가능하거나 아니면 곤란하게 한다.

양호한 실시예에서 본발명은 핵연료조립체의 관형 컴포넌트의 내면을 이른바, 선형 자전관 스프터링법에 의해 흡수제로 코팅하는 방법을 알리고 있다. 이러한 방법에서 콜로라도주의 바울더에 소재하는 서페이스 솔루션 인코포레이티드로부터 입수가 가능한 원관과 기층관(일례로, 연료클래딩)의 사이에서의 플라스마는 원관의 둘레의 주위방향의 자기장에 의해 제한되고 형성된다. 이러한 방법의 주요장점은 원재료(source material)로 이용되는 인발이나 압출 또는 주조배관재의 표면으로부터 축방향외향으로 일정한 고속 스프터링을 허용하는 것이다. 주위방향의 자기장은 원관내에 중심을 갖는 냉각구리관을 통해 축방향으로 고속 흐름을 흘림으로써 발생된다. 이러한 플라스마형성은 원관의 전장에 걸쳐 균일하게 여기되는 일정한 플라스마두께를 만든다. 이는 원관의 축에 평행하고 원관의 주위에 있는 플라스마로 지나가는 플라스마의 완만한 흐름이 있음으로써 성취된다. 다른 전자관스프터링시스템은 완만한 흐름이 폐쇄루프를 흐를 것을 요구한다.

자기장의 형성에 외부자석은 이용되지 않는다.

선형 자전관스푸터링시스템에서 완만한 흐름은 비료적 간단한 관형 원(source)의 음극을 이용하도록 시작 단부에서 초고레벨로 부스트될 수도 있다. 높은 스퍼터링속도의 성취에 더하여 스퍼터되는 재료는 높은 충돌 에너지를 갖는 기층면에 도달할 수 있다. 스퍼터링속도와 충돌에너지는 모두 독립적으로 제어될 수 있다. 관의 내면이 정적인 모드로 코팅될 수 있으므로 공정중에 기층을 이동시키거나 회전시키는 것에 대한 요구는 크게 격감된다. 이는 보다 간단한 진공시스템이면서도 정비시점간의 작동주기가 길고 정비에 드는 시간 짧으면 비계획정비를 위한 중단회수가 적게한다.

본 발명의 이러한 목적이나 장점 및 기타의 목적이나 장점은 첨부도면을 참조하여 다음에서 상세히 설명된다.

양호한 실시예의 설명

제1도 및 제2도는 본 발명의 구현에 이용되는 서페이스 솔루션 인코포레이티드로부터 입수가 가능한 이른바 선형 자전관스푸터링기법의 이용을 나타내는 개략도이다. 양호한 실시예에서 아연합금으로 된 핵연료봉의 클래딩관(10)이 봉의 거의 전장(일례로 약 12피트 길이인)을 따라 적어도 10피트 이상)에 걸쳐 전체내면을 따라 거의 균일하게 코팅된다. 예시적 목적으로 도면에 도시된 클래딩관(10)의 총횡비는 0.953cm(0.375인치)의 내경과 305cm(10피트)남짓의 길이인 통상적인 관의 크기로 크게 단축된다.

클래딩관(10)을 제1 및 제2의 단부 플러그(12, 14)가 관의 내부를 밀봉하도록 고정된다. 단부플러그(14)는 진공포트(16)를 가지며 이를 통해 진공펌프(18)가 관의 내용물을 비워낼 수 있다. 작동기체포트(28)는 양 단부플러그에 배치될 수 있다. 각각의 단부플러그는 클래딩관과 동축관계로 클래딩관의 내경보다 작은 외경을 갖는 가연성 감속제원관(posion material source tube : 100)을 지지하는 제1 및 2의 마운트(20, 22)등과 같은 수단을 포함함으로써 두개의 관의 사이에 원통형환형부(24)를 형성한다. 비워낸 후에 원(source : 26)으로부터의 아르곤 등과 같은 불활성 작동기체가 플라스마방출을 지속하기에 충분한 압력으로 환형부(24)에 채워진다.

본 발명의 통상적인 시행에서는 원관(source tube : 100)은 클래딩관(10)의 내면, 즉, 기층(30)상에 코팅되기에 적합한 재료로 된 동질관일 수도 있다. 양호한 실시예에서는 가연성 감속제가 기층에 코팅되고 원관은 천연붕소나 붕소-10동위원소로 농축된 것일 수 있으며 그것은 열적 중성자의 흡수에 효능이 큰 동위원소이다. 원관(100)은 양호하게는 클래딩관(10)과 최소한 동일한 길이이다.

급전원(32)의 음극선(34)은 접속기를 통해 접속되거나 아니면 원관(100)에 접속되고 양극선(36)은 기층(30)에 접속되어 원관이 음극으로 작용하고 기층이 양극으로 작용하게 한다. 아르곤양이온 및 전자로 이루어진 플라스마(37)가 환형부(24)에 형성되어 양이온(38)이 원관(100)으로부터의 표면원자가 기층(30)상으로 기화되기에 충분한 에너지로 음극(100 : 원관)에 충돌하게 한다. 원재료(source material)가 화학공정이나 열간공정보다는 기계적 공정(순간교환)에 의해 기화상태(40)로 전이되므로 거의 모든 재료가 코팅재료가 될 수 있다. 그러므로 적절한 흡수성을 갖는 금속과 유리 및 기타 세라믹이 이용될 수 있다.

환형부의 플라스마는 금속의 스퍼터링시에 흐름방출을 지향시키기 위한 모든 공지수단에 의해 형성될 수 있으나 효율 개선을 위해서는 자전관기법을 이용하여 플라스마를 제한하고 형성한다. 서페이스 솔루션 인코포레이티드로부터 입수가 가능한 선형 자전관스푸터링기법에서는 주위방향의 자기장(42)이 제2도에 보이듯이 원관내에 중심을 두고 냉각제(50)에 의해 냉각되는 구리관(46)을 통해 축방향으로 흐름원(courrent source : 44)으로부터의 고속흐름을 흘림으로써 원관(100)의 둘레에 형성된다. 이는 원관의 전장에 걸쳐 균일하게 여기되는 일정한 플라스마두께로 인해 원관(100)의 길이에 따라 일정한 재료기화율을 달성한다. 이는 원(100)의 축에 평행한 방향으로 흐르고 원관을 둘러싸는 플라스마의 완만한 흐름으로 인한 것이다. 이는 폐쇄루프에서의 완만한 흐름을 요구하는 원통형 포스트스푸터링법보다 훨씬 양호하다. 본 발명의 선형 자전관스푸터링시스템에서는 완만한 흐름이 전체적으로 48로 도시된 고양기(enhancer)장치에 의해 원관의 한쪽 단부에서 매우 높은 레벨로 부스트된다.

그러므로, 일정한 두께의 플라스마가 원관(100)의 전장에서 걸쳐 균일한 여기상태를 유지할 수 있는 범위로 반경방향으로 돌출하는 원원자(source atom : 40)가 클래딩관의 전면(full surface : 30)에 거의 균일하게 코팅될 것이다. 또한, 제1도의 실시예에서 클래딩관(10) 자체는 진공실(24)의 경계로 작용한다. 선택사양적인 실시예는 외부진공실(도시안됨)내의 클래딩관(20)을 캡슐로 둘러쌀 수 있으며, 그러한 경우에 고정 및 단부플러그의 배치는 진공실의 벽과 유사한 대응부분을 갖는다.

여기되었을 때에는 원관(100)을 떠나는 스퍼터링된 재료플럭스는 일례로 0.005cm(0.0002인치)인 거의 균일한 코팅두께가 얻어지기까지 계속되며, 그것이 얻어지면 공정이 정지되고 단부플러그가 제거되고 차기관이 고정되어 코팅공정을 다시 시작한다.

제3도 및 제5도는 공정의 선택사양적 양태와 그러한 공정으로부터 얻어지는 코팅관을 도시한다. 제3도에서 클래딩관, 즉, 안내관(200)은 비균일하지만 예정된 원관(300)에 대한 재료분포의 결과로서 코팅재료가 비균일하지만 예정된 분포를 갖는다. 특히, 3구역의 코팅분포에서 관(200)의 좌우측의 구역(210, 212)은 동일한 흡수재료로 된다. 중앙구역(220)은 상이한 흡수재료로 된다. 코팅재료의 이러한 분포는 좌우측 구역(210, 212)의 각각과 동일한 축방향길이를 뺀치는 구역 310과 구역 312에서는 유사재료를 갖고, 중앙구역(320)은 코팅의 중앙구역(220)과 동일한 축방향길이를 뺀친다.

이러한 실시예는 관(200)의 중앙구역(220)에서의 붕소-10 농도가 좌우측구역(210, 212)에서의 붕소의 농도보다 높을 때 특히 유용하다. 관(200)상의 이러한 재료분포가 관(200)의 내면전체의 코팅과정에서 재배치가 요구되지 않는 단지 하나의 원관(300)을 이용함으로써 이루어질 수 있다.

제4도는 다른 실시예를 도시하며, 거기에서 관(400)은 관(400)의 내면전체를 뒤덮는 제1의 내부코팅(410)과 상기 제1코팅(410)을 완전히 뒤덮는 상이한 흡수성 재료로 된 제2의 코팅(420)을 갖는다. 이러한 실시예에서 하나의 코팅은 가연성 감속제로서 작용하는 중성자 흡수성 재료일 것이지만 다른 코팅은 수소원자를 흡수하기 위한 게터재료일 수 있다. 이러한 실시예에서 코팅재료(410)을 위한 원관(500)과 또 다른 코팅재료(420)를 위한 또다른 원관(600)인 상이한 두개의 원관(500, 600)이 제1 및 제2도에 도시된 전체

공정배열에서 순차적으로 이용된다.

제5도는 본질적으로는 제3도의 실시예의 변화에이며, 거기에서 기출관(700)상의 코팅은 축방향으로 비균일하며, 또는 제한되어 있다. 이러한 실시예에서 원관(800)으로부터의 제1의 코팅(710)이 기출관(700)의 기층면전체에 균일하게 도포된다. 원관(800)이 제거되고 또다른 원관(900)으로부터의 제2의 코팅(7200)이 도포되어 관(700)의 축방향중앙부가 두개의 코팅을 갖는 것으로 귀결된다. 그러므로, 코팅은 원관의 전장을 단축함으로써 봉의 길이내에서 부분적인 길이만큼씩 제한될 수 있다.

앞서 말했듯이 본 발명에 따른 공정은 다양한 유용한 흡수제로된 스퍼터링코팅에 적합하다. 이러한 흡수제의 일부는 동질의 원관으로부터 용이하게 스퍼터링될 수 없고, 오히려, 화학반응을 거친 불활성 기체에서의 화학적 방법에 의해서나 클래딩관의 표면대 표면으로 이루어질 수 있다. 반응기체원(52) 및 관련 플러그포트(54)는 이러한 목적으로 제1도에 도시되어 있다.

표1은 본 발명에 따라 스퍼터링될 수 있는 다양한 가연성 감속제인 금속의 목록이다.

[표 1]

가연성 감속제금속 및 금속합성물

가돌리늄

에르븀

붕소

이붕화아연(ZrB_2)

질화붕소(BN)

이붕화티타늄(TiB_2)

표2는 본 발명에 유용한 유리를 포함하는 가연성 감속제세라믹재료의 목록이다.

[표 2]

가연성 가속제세라믹 및 유리

20 Li_2 080 B_3

15 Na_2 085 B_{20}

B_4C

표3은 본 발명에 따라 스퍼터링될 수 있는 게터재료의 목록이다.

[표 3]

게터재료

이트륨

아연-니켈 합금

아연-티타늄-니켈합금

질화붕소(BN)는 제1도에 보이듯이 반응기체원(52)과 포트(54)를 거쳐 도입되는 반응기체로서의 질소를 이용하여 형성될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

흡수성 재료로 핵연료조립체의 관형 컴포넌트의 내면을 코팅하는 방법에 있어서, 고정부에 컴포넌트관을 지지시키는 컴포넌트관지지단계와, 컴포넌트관내에 동축관계로 흡수성 된 원관(source tube)을 지지시킴으로써 두개의 관의 사시에 원통형 환형부를 형성시키는 원관지지단계와, 환형부를 비워내고 플라스마방출을 지속하기에 충분한 압력으로 불활성 작동기체로 환형부에 대신 채워넣는 불활성 작동기체충전 단계와, 컴포넌트관에는 양전기대전된 양극을 접속하고 원관에는 음전기대전된 음극을 접속하여 작동기체의 플라스마가 환형부에 형성되게 하는 급전원접속단계 및, 플라스마를 제한하고 형성하기 위해 원관의 둘레에 주위방향의 자기장을 형성하는 자기장형성단계를 포함함으로써, 원관에 플라스마로부터의 이온이 충돌하고 흡수성 재료가 원관으로부터 컴포넌트관의 내면상에 스퍼터링됨으로써 거기에 코팅을 형성하게 하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 컴포넌트관이 약12피트의 길이를 갖고 원관은 클래딩관의 전장에 뻗쳐있으며, 흡수성 재료는 컴포넌트관의 전장 중 적어도 약 305cm(10피트)를 따라 동시에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 원관이 그 전장을 따라 흡수성 재료의 예정된 형태의 비동질분포(non-homogeneous distribution)를 갖고, 흡수성 재료는 컴포넌트관의 전장을 따르는 예정된 형태의 비동질분포로 컴포넌트

관상에 동시에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 원관상의 비동질분포가 가돌리늄관련재료와 에르븀관련재료 및 붕소관련재료로 이루어지는 그룹에서 선택된 각각의 두개의 상이한 재료를 갖는 원관면(source tube surgace)의 적어도 두개 이상의 구역을 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 제1원관으로부터의 제1의 가연성 흡수용 감속제가 콤포넌트관상에 스퍼터링되어 제1의 코팅을 형성하고, 제1의 코팅이 이어서 제2의 가연성 흡수용 감속제로 된 제2의 원관의 둘레를 동축관계로 배치하고, 제2의 재료는 제2의 코팅을 형성하기 위해 제1의 코팅상에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 제1원관으로부터의 제1의 가연성 흡수용 감속제가 콤포넌트관의 제1의 종방향부분상에 스퍼터링되어 제1의 코팅을 형성하고, 제2원관으로부터의 제2의 가연성 흡수용 감속제는 콤포넌트관의 제2의 종방향부분상에 스퍼터링되어 제2의 코팅을 형성하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 작동기체충전단계가 플라스마와 스퍼터링된 흡수용 재료가 있을 때 상기 스퍼터링된 재료와 화학적으로 반응하여 콤포넌트관상에 코팅을 형성하는 반응기체를 충전하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 8

가연성 감속제로 아연합금연료봉클래딩관의 내면을 코팅하는 방법에 있어서, 고정부에 클래딩관을 지지시키는 클래딩관지지단계와, 클래딩관내에 동축관계로 가연성 감속제로 된 원관(source tube)을 지지시킴으로써 두개의 관의 사이에 원통형 환형부를 형성시키는 원관지지단계와, 환형부를 비워내고 플라스마방출을 지속하기에는 충분한 압력으로 불활성 작동기체로 환형부에 대신 채워넣는 불활성 작동기체충전단계와, 클래딩관에는 양전기대전된 양극을 접속하고 원관에는 음전기대전된 음극을 접속하여 작동기체의 플라스마가 환형부에 형성되게 하는 급전원접속단계 및, 플라스마를 제한하고 형성하기 위해 원관의 둘레에 주위방향의 자기장을 형성하는 자기형성단계를 포함함으로써, 원관에 플라스마로부터의 이온이 충돌하고 가연성 감속제가 원관으로부터 클래딩관의 내면상에 스퍼터링됨으로써 거기에 가연성 감속제 코팅을 형성하게 하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 클래딩관이 약 366cm(12피트)의 길이를 갖고 원관은 클래딩관의 전장에 걸쳐 뻗쳐있으며, 가연성 감속제는 클래딩관의 전장 중 적어도 약 305cm(10피트)를 따라 동시에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 가연성 감속제가 금속류인 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 11

제8항에 있어서, 가연성 감속제가 세라믹류인 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 12

제10항에 있어서, 가연성 감속제가 붕소 10동위원소를 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 13

제10항에 있어서, 가연성 감속제가 천연붕소인 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 가연성 감속제가 농축된 붕소-10을 갖는 2붕화아연인 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 15

제9항에 있어서, 원관이 그 전장을 따라 가연성 감속제의 예정된 형태의 비동질분포를 갖고, 가연성감속제는 클래딩관의 전장을 따르는 예정된 형태의 비동질분포로 클래딩관상에 동시에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 원관상의 비동질분포가 가돌리늄관련재료와 에르븀관련재료 및 붕소관련재료로 이루어지는 그룹에서 선택된 각각 두개의 상이한 재료를 갖는 원관면(source tube surface)의 적어도 두개 이상의 구역을 포함하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 17

제8항에 있어서, 제1원관으로부터의 제1의 가연성 흡수용 감속제가 클래딩관상에 스퍼터링되어 제1의 코

팅을 형성하고, 제1의 코팅이 이어서 제2의 가연성 흡수용 감속제로 된 제2의 원관의 둘레로 동축관계로 배치되고, 제2의 재료는 제2의 코팅을 형성하기 위해 제1의 코팅상에 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 18

제8항에 있어서, 제1원관으로부터의 제1의 가연성 흡수용 감속제가 클래딩관의 제1의 종방향부분상에 스퍼터링되어 제1의 코팅을 형성하고, 제2원관으로부터의 제2의 가연성 흡수용 감속제는 클래딩관의 제2의 종방향부분상에 스퍼터링되어 제2의 코팅을 형성하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 19

제8항에 있어서, 가연성 감속제가 클래딩관의 제한된 축방향부분에 걸쳐 스퍼터링되는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 20

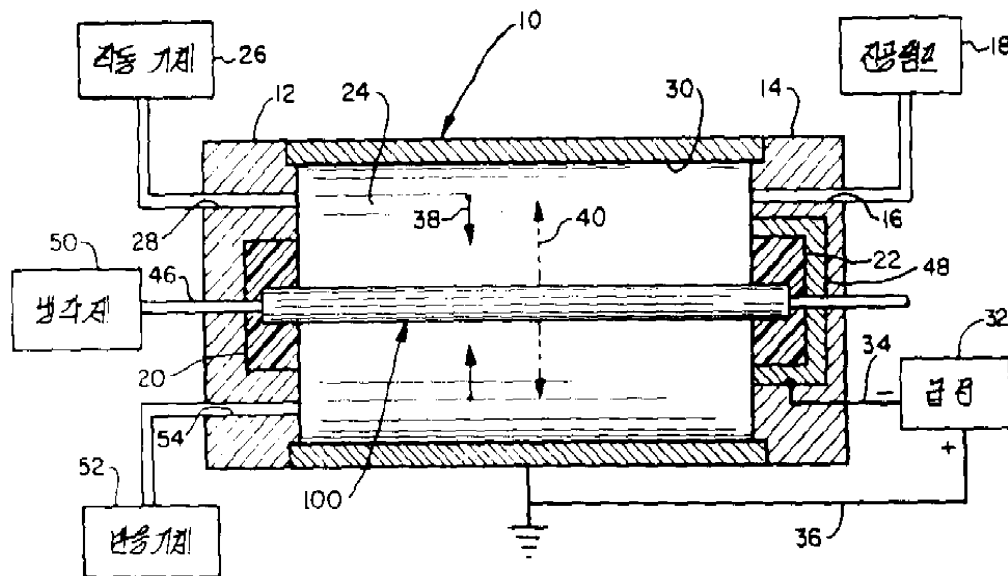
게터재료로 아연합금연료봉클래딩관의 내면을 코팅하는 방법에 있어서, 고정부에 클래딩관을 지지시키는 클래딩관지지단계와, 클래딩관내에 동축관계로 게터재료로 된 원관(source tube)을 지지시킴으로써 두개의 관의 사이에 원통형 환형부를 형성시키는 원관지지단계와, 환형부를 비워내고 플라즈마방출을 지속하기에 충분한 압력으로 불활성 작동기체로 환형부에 대신 채워넣는 불활성 작동기체충전단계와, 클래딩관에는 양전기대전된 양극을 접속하고 원관에는 음전기대전된 음극을 접속하여 작동기체의 플라즈마가 환형부에 형성되게 하는 급전원접속단계 및, 플라즈마를 제한하고 형성하기 위해 원관의 둘레에 주위방향의 자기장을 형성하는 자기장형성단계를 포함함으로써, 원관에 플라즈마로부터의 이온이 충돌하고 게터재료가 원관으로부터 클래딩관의 내면상에 스퍼터링됨으로써 거기에 가연성 감속제 코팅을 형성하게 하는 것을 특징으로 하는 코팅방법.

청구항 21

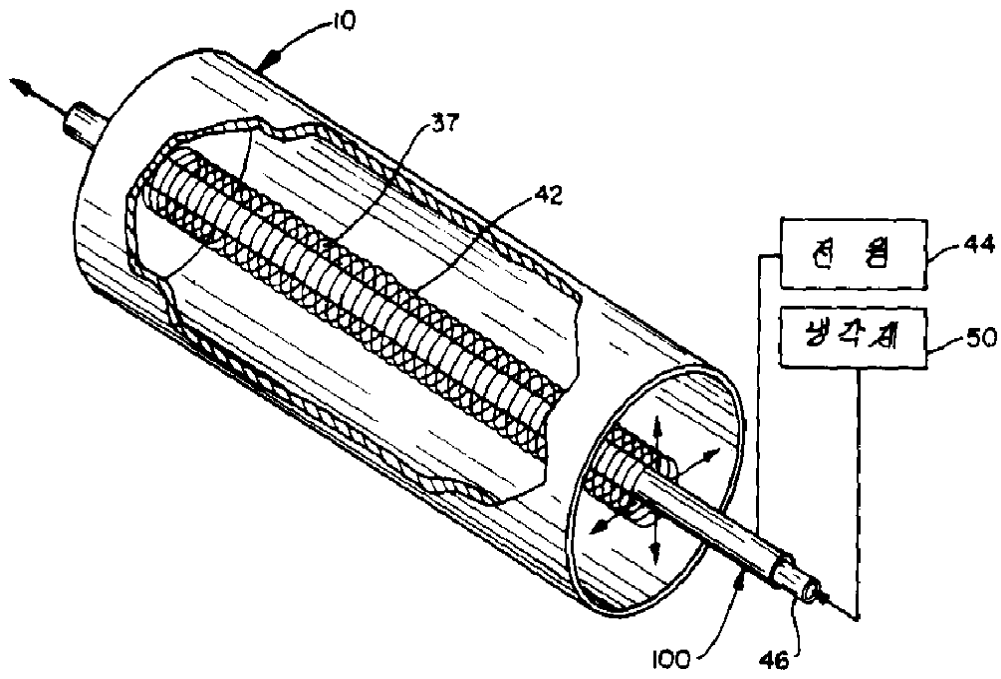
제20항에 있어서, 게터재료가 클래딩관의 제한된 축방향부분에 걸쳐 스퍼터링된 것을 특징으로 하는 코팅방법.

도면

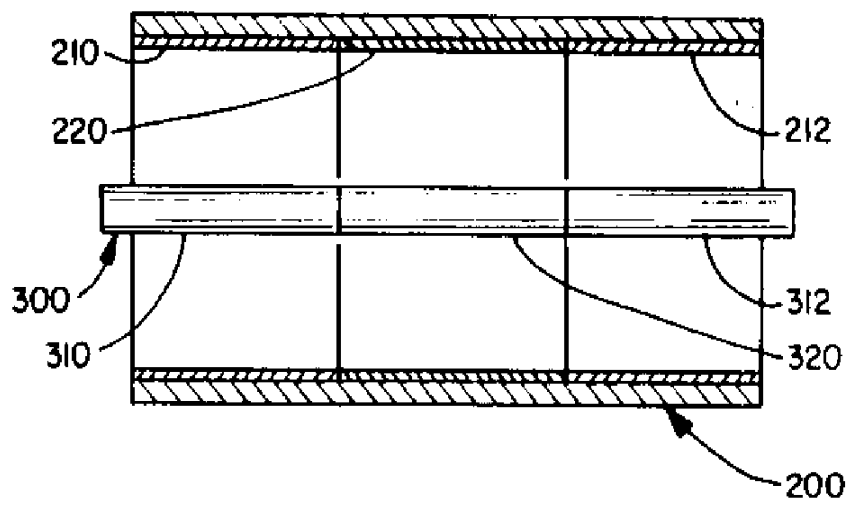
도면1



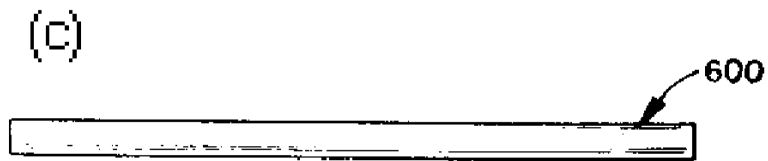
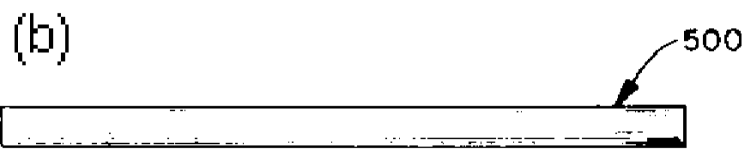
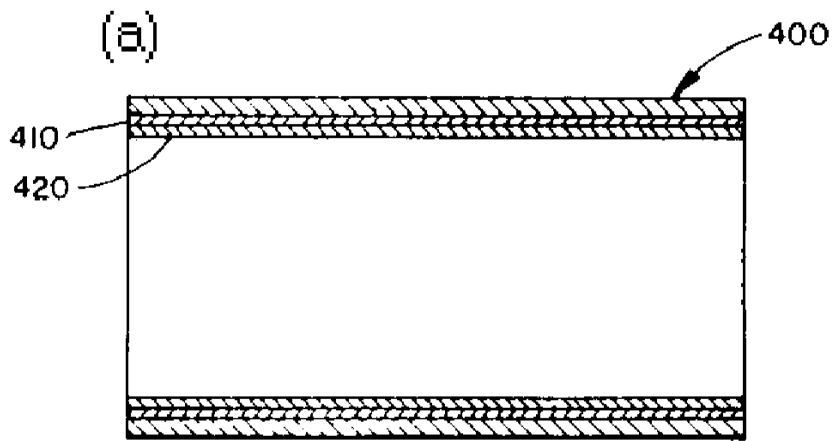
도면2



도면3



도면4



도면5

