



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0033672

(51)⁷ G21C 7/08 (13) B

-
- (21) 1-2016-00943 (22) 19/03/2014
(86) PCT/RU2014/000170 19/03/2014 (87) WO 2015/065233 14/04/2022
(30) 2013148441 31/10/2013 RU
(45) 25/10/2022 415 (43) 22/02/2022 344A
(73) JOINT STOCK COMPANY "AKME-ENGINEERING" (RU)
Ul. Pyatnitskaya, 13, str. 1 Moscow, 115035, Russian
(72) MELNIKOV Kirill Gennadievich (RU); TORMYSHEV Ivan Vladimirovich (RU);
SHARIKPULOV Said Mirfaisovich (RU); BULAVKIN Sergey Viktorovich (RU);
FILIN Aleksandr Ivanovich (RU); BOROVITSKY Stepan Artemovich (RU).
(74) Công ty Luật TNHH ANT (ANT LAWYERS COMPANY LIMITED)
-

(54) PHƯƠNG PHÁP ĐẢM BẢO SỰ DƯỚI TỚI HẠN CỦA LỖI LÒ PHẢN ỨNG
NHANH DƯỚI ĐIỀU KIỆN KHÔNG CHẮC CHẴN VỀ ĐẶC TÍNH VẬT LÝ
CỦA NƠTRON

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp đảm bảo sự dưới tới hạn của lõi lò phản ứng nhanh dưới điều kiện không chắc chắn bao gồm, sau khi lắp lõi phản ứng, tiến hành đo vật lý về sự dưới tới hạn của lõi phản ứng và so đặc tính thu được với giá trị thiết kế; sau đó, nếu có sự khác biệt giữa giá trị của đặc tính thu được và giá trị thiết kế, lắp thanh phản ứng điều chỉnh được trong lò phản ứng ở mức của phần nhiên liệu của lõi phản ứng, trong đó mức làm giàu đồng vị boron B10 của thanh đo của lõi phản ứng. Kết quả kỹ thuật bao gồm nâng cao điều kiện hoạt động của thành phần hấp thụ của nhóm bù của thanh, loại trừ nhu cầu tăng chuyển động, đơn giản hóa công nghệ giám sát sử dụng trong quá trình sản xuất, và đơn giản hóa thuật toán để điều khiển phản ứng an toàn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp đảm bảo dưới tới hạn của lõi lò phản ứng nhanh dưới điều kiện dễ thay đổi về đặc tính vật lý neutron bằng cách sử dụng thanh phản ứng điều chỉnh được trong nhà máy điện hạt nhân và có thể được sử dụng trong nhà máy điện neutron nhanh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Phương pháp điều khiển lò phản ứng hạt nhân đã biết, trong đó thiết bị phản chiếu bao quanh lõi lò phản ứng hạt nhân bao gồm nhiều nguyên tử được đặt vào có khả năng chuyển động xoay tương đối với bộ phận còn lại để thay đổi kích thước của lỗ rỗng hoặc lỗ rỗng của đường tự do neutron qua thiết bị phản chiếu để điều khiển phản ứng của lõi (GB1148093, G21C7/28, 1969).

Phương pháp thực hiện vòng tuần hoàn nhiên liệu của ống áp suất lò phản ứng hạt nhân đang được sử dụng; Phương pháp này được thực hiện bằng cách tạo ra lõi bằng việc nạp cấu trúc nhiên liệu với chất hấp thụ neutron đã phân phối trong quy trình sắp xếp lại đã được lập trình và loại bỏ cấu trúc thanh nhiên liệu, chuyển động đã được lập trình của thanh hệ thống nhằm điều khiển, bảo vệ và việc thay thế chất hấp thụ bổ sung bằng cấu trúc nhiên liệu đã sử dụng một phần, trong đó, trong quá trình hoạt động lò phản ứng sau khi không nạp tất cả chất hấp thụ bổ sung, một phần thanh đã được ngâm của hệ thống điều khiển được thay thế bằng thanh nhóm, và nhiên liệu đã qua sử dụng với chất hấp thụ neutron được phân tán là urani-erbi với việc tăng u^{235} - từ 0,2 đến 0,5% cao hơn mức tăng ban đầu của của nhiên liệu urani-erbi đã nạp trước khi loại bỏ thanh hệ thống điều khiển và bảo vệ (RU 2218613, G21C7/04, G21D3/08, 2003).

Phương pháp kiểm tra đặc tính vật lý của lõi của lò phản ứng hạt nhân nhiệt độ cao với các thành phần nhiên liệu hình cầu của cấu trúc quan trọng được sử dụng; phương pháp này được mô tả bao gồm lõi được làm nóng bằng thiết bị làm nóng để tạo ra trường phân phối nhiệt độ nhất định trong sỏi, sau đó vị trí và kích thước của lõi và thiết bị phản chiếu được thay đổi so với trường nhiệt độ đã thiết lập tạo ra bằng thiết bị

làm nóng bằng cách thay đổi một phần thành phần nhiên liệu ở ngoại vi lõi với hạt hình cầu của vật liệu phản chiếu, và ngược lại (SU 1831170, G21C17/00, G21S1/00, 1995).

Phương pháp sản xuất thiết bị hạt nhân giới hạn đang được sử dụng, trong đó, việc điều chỉnh các thiết bị này được thực hiện bằng một phần thiết bị phản chiếu liền kề với lõi và lò phản ứng hạt nhân thực hiện phương pháp đã biết (Patent RU 2167456, G21C 1/00, G21C5/00, G21C7/28, 5/20/2001). Trong lò phản ứng hạt nhân có chứa lõi, thiết bị điều tiết neutron, thiết bị phân hạch và, thiết bị phản chiếu, lỗ hồng dưới dạng kênh được thực hiện tại phần lõi, phần thiết bị phản chiếu di chuyển được. Thiết kế của thiết bị cho phép duy trì phổ neutron, đặc biệt đối với lò phản ứng neutron nhanh trong lõi, tại phổ neutron nhiệt đạt được trong không gian của thiết bị laser. Dựa vào kết quả thu được và thực tế đã biết về lò phản ứng hạt nhân kiểu kênh urani-graphit đã cho thấy rằng các lò phản ứng này rằng có thể được chuyển thành thiết bị phản ứng giới hạn có thể điều khiển bằng một phần của một mặt thiết bị phản chiếu, tại đó loại trừ khả năng tạo ra các lượng tới hạn cục bộ và biến đổi hệ số rỗng dương thành hệ số âm..

Các quy trình tương tự được miêu tả ở trên không nhằm đảm bảo dưới tới hạn lõi lò phản ứng neutron nhanh trong trường hợp dễ thay đổi có thể dẫn đến các thông số thực tế thay đổi so với các thông số đặt trước.

Việc sử dụng thanh phản ứng có thể điều chỉnh được được biết đến tại tài liệu sáng chế số DE 3149536, G21C9/02, G21C7/08, 1983.

Hiện nay, thuật toán điều khiển an toàn của thanh hệ thống bảo vệ và điều khiển được sử dụng trong thiết kế nhà máy phản ứng neutron nhanh để bù đắp biên độ phản ứng khi đốt cháy nhiên liệu và điều khiển năng lượng neutron của lò phản ứng; cùng với thuật toán này, phần của thanh ngâm được ngâm trong lõi theo đó một số thanh ngâm trong lõi và bù cho việc đốt cháy nhiên liệu được ngắt khỏi hệ thống điều khiển. Các thanh khác duy trì năng lượng điều khiển và giới hạn. Vì vậy, toàn bộ hệ thống thanh điều khiển được chia thành hai nhóm: nhóm thanh gián đoạn để bù lại sự thay đổi phản ứng trong một khoảng thời gian và không tham gia vào hệ thống điều khiển tự động của hệ thống thanh điều khiển, và nhóm thanh điều khiển hoạt động tham gia vào điều khiển nhà máy cùng với thanh điều khiển năng lượng. Thực hiện trong khoảng thời gian (khoảng thời gian giữa lúc nạp nhiên liệu) tương ứng với việc tạo ra phản ứng bằng với hiệu suất của

một hoặc hai nhóm thanh điều khiển.

Bản chất kỹ thuật gần nhất của sáng chế là phương pháp đảm bảo dưới tới hạn lõi phản ứng nhanh sử dụng bộ phận điều khiển “ánh sáng” mà không có yêu cầu nghiêm ngặt về tốc độ đáp ứng và được đặt trong khối phản chiếu gần ranh giới lõi; phương pháp được sử dụng trong thiết kế phản ứng neutron nhanh BREST-OD-300 với lõi đặc trưng bởi dự trữ nhỏ và hiệu ứng của phản ứng, cho phép sử dụng thanh điều khiển “ánh sáng” mà không yêu cầu nghiêm ngặt về thời gian đáp ứng bằng cách đặt trong khối phản chiếu gần ranh giới lõi (<http://technics.rin.ru/index/?a=3&id=610>).

Nhược điểm của bản chất kỹ thuật gần nhất của sáng chế bị giới hạn sử dụng trong trường hợp dễ thay đổi về đặc tính vật lý của lõi lò phản ứng hạt nhân do thiếu dữ liệu thực nghiệm về đặc tính vật lý của lõi, hoặc biên độ giới hạn xuất hiện nhỏ hơn phản neutron trễ yêu cầu cho cột nhiên liệu tương ứng của lò phản ứng và không đủ để bù đắp cho sự dễ thay đổi dẫn đến lệch hiệu suất thực tế với các giá trị đã đưa ra.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế đạt được dựa trên nhu cầu tuân thủ các yêu cầu của tài liệu điều chỉnh về sự dưới tới hạn của lõi lò phản ứng không được ít hơn 1% sau khi kích hoạt chế độ bảo vệ khẩn cấp, điều này đòi hỏi phải tăng độ chính xác của việc điều chỉnh các đặc tính vật lý của lõi, cụ thể, xác định chính xác việc tiếp nhiên liệu cho lõi và trọng lượng thanh của hệ thống bảo vệ và điều khiển.

Để đạt được mục tiêu này cần phải tính đến các vấn đề dễ thay đổi dưới đây, dẫn đến sai lệch của các đặc tính thực tế so với các giá trị đặt trước phải được tính đến trong quá trình thiết kế và nội dung các đặc tính điện tử và nhiệt thủy lực của lõi:

- Sự dễ thay đổi về công nghệ trong quá trình xây dựng các phần tử lõi và các thành phần của nhà máy lò phản ứng;
- Sai số của các giá trị đã tính toán của các đặc tính chức năng cơ bản (hệ số nhân hiệu quả, trọng lượng của thanh hệ thống kiểm soát và bảo vệ, các trường mật độ năng lượng);
- Hằng số;
- Theo phương pháp;
- Theo hệ thống.

Tình trạng kỹ thuật hiện tại cho thấy rằng việc bảo đảm độ chính xác trong việc xác định việc tiếp nhiên liệu lõi và trọng lượng thanh của hệ thống bảo vệ chỉ có thể đạt được bằng các thí nghiệm vật lý tại lò phản ứng.

Phương pháp đã đề xuất cho phép đảm bảo dưới tới hạn lõi phản ứng nhanh dưới điều kiện dễ thay đổi của đặc tính vật lý neutron mà không cần thí nghiệm. Điều này có thể được thực hiện do đặc tính thiết yếu mới của sáng chế, cụ thể, do việc đặt thanh phản ứng điều chỉnh được trong thiết bị phản chiếu mặt của lõi để tăng biên độ giới hạn (bằng giá trị hoặc không thấp hơn giá trị phần của neutron trễ) thích hợp để bù lại cho việc dễ thay đổi dẫn đến lệch đặc tính thực so với giá trị thiết kế, trong đó việc làm giàu chất đồng vị boron B10 của lõi bù đắp cho các thanh là thấp hơn thanh phản ứng có thể điều chỉnh trong thiết bị phản chiếu mặt của lõi.

Kết quả kỹ thuật của việc thực hiện của phương pháp đã đề cập là:

- Loại bỏ quy ước tăng dẫn đến điều kiện hoạt động quá mức của thành phần hấp thụ của nhóm thanh bù;
- Loại bỏ nhu cầu tăng di chuyển của các thanh trong nhóm bù cũng như đơn giản hóa phương pháp giám sát trong quá trình sản xuất;
- Loại bỏ sự cần thiết của việc bố trí các phần tử hấp thụ riêng biệt cho từng lò phản ứng hạt nhân để đảm bảo biên độ giới hạn cần thiết trong toàn bộ quá trình và có hiệu suất tương ứng trong suốt thời gian hoạt động của lõi;
- Đơn giản hóa hệ số điều khiển phản ứng an toàn.

Kết quả kỹ thuật trên đạt được nhờ các thanh phản ứng có thể điều chỉnh trong rãnh của khối phản chiếu của lõi hoặc trong rãnh của thiết bị phản chiếu lõi; trong khi các thanh phản ứng có thể điều chỉnh được đặt tại mức của phần nhiên liệu lõi, trong đó việc làm giàu đồng vị boron B10 của thanh bù lõi là thấp hơn thanh phản ứng điều chỉnh được trong thiết bị phản chiếu mặt của lõi.

Trong trường hợp cần thiết, việc thay thế các thanh phản ứng có thể điều chỉnh mà làm giàu không đủ bằng các thanh phản ứng điều chỉnh khác hoặc lắp đặt các thanh phản ứng có thể điều chỉnh nhằm đảm bảo mức độ dưới tới hạn đã thiết lập trước đó trong thiết kế được thực hiện bằng cách thay thế một phần khối thiết bị phản chiếu lõi với khối của thiết bị phản chiếu thay thế với thanh phản ứng có thể điều chỉnh được đáp ứng

đủ độ làm giàu.

Việc hiện diện của các thanh phản ứng có thể điều chỉnh được đã giúp cho điều kiện hoạt động của các phân tử hấp thụ thanh nhóm bù được cải thiện, vì các thanh phản ứng có thể điều chỉnh của bộ phản xạ mặt lõi đảm nhận vai trò chính trong việc loại bỏ các đặc tính neutron thực tế và thủy nhiệt của lõi khỏi các giá trị đặt trước. Theo đó, thuật toán điều khiển lò phản ứng an toàn trở nên an toàn hơn. Việc làm giàu thanh phản ứng điều chỉnh được của thiết bị phản chiếu mặt của lõi tại mức mà phần nhiên liệu là thấp hơn ở thanh bù của lõi, sự điều chỉnh “thô” được thực hiện bởi các thanh phản ứng điều chỉnh trong thiết bị phản chiếu mặt lõi. Đồng thời, đặc tính của lõi gần với đặc tính trước đó nhằm đảm bảo nhóm bù của các thanh di chuyển ít hơn trong quá trình lắp ráp và đưa vào vận hành cũng như trong quá trình hoạt động.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện dưới dạng giản đồ của lõi lò phản ứng hạt nhân.

Mô tả chi tiết sáng chế

Lò phản ứng hạt nhân bao gồm bình chứa (không thể hiện trong hình vẽ), ở đó lõi 1, bao quanh bởi thiết bị phản chiếu lõi 2. Lõi 1 chứa cấu trúc nhiên liệu bao gồm các thanh nhiên liệu, ở đó một hoặc vài cấu trúc nhiên liệu bao gồm thanh bù với bộ phận hấp thụ tạo ra một nhóm bù của thanh. Thanh của nhóm bù được tạo ra với khả năng chuyển dịch theo chiều dọc.

Thiết bị phản chiếu của lõi 2 có thể được cấu tạo bằng khối riêng biệt có khả năng thay thế (khối thay thế của thiết bị phản chiếu của lõi). Cấu tạo của thiết bị phản chiếu lõi 2 (Fig.1) hoặc khối thay thế của thiết bị phản chiếu lõi bao gồm các rãnh được đặt ở trên mức vùng nhiên liệu lõi nhằm đặt các thanh phản ứng có thể điều chỉnh vào trong chúng. Thiết bị phản chiếu lõi 2 hoặc khối riêng biệt có thể được thiết kế để cho phép đưa hoặc loại bỏ các rãnh cho thanh phản ứng có thể điều chỉnh.

Việc làm giàu đồng vị Boron -10 của các thanh của nhóm bù của lõi được chọn là thấp hơn sự làm giàu của thanh phản ứng điều chỉnh được 3 lần trong khối của thiết bị phản chiếu lõi.

Theo phương pháp đã đề cập, việc bù đắp cho sự dễ thay đổi về công nghệ, các lõi (Hàng số, Theo phương pháp, Theo hệ thống) của giá trị đã tính của các đặc tính chức

năng chính (hệ số nhân hiệu quả, trọng lượng của thanh hệ thống điều khiển và bảo vệ, trường mật độ năng lượng) được thực hiện như sau.

Sau khi lõi 1 được lắp ráp, sử dụng các phương pháp đã biết để đo vật lý sự dưới tới hạn của lõi và thực hiện so sánh các kết quả đạt được với các giá trị thiết kế.

Trong trường hợp các đặc tính thu được và các giá trị thiết kế có sự chênh lệch, việc làm giàu thanh phản ứng có thể điều chỉnh được đảm bảo giá trị giới hạn đã được đặt ra khi thiết kế được đưa vào lò phản ứng ở mức của phần nhiên liệu lõi 4.

Sau khi lắp thanh phản ứng điều chỉnh được ở mức của phần nhiên liệu lõi, tiến hành đo vật lý bổ sung sự dưới tới hạn của lõi và nếu tiếp tục tìm thấy sự chênh lệch giữa giá trị thu được và giá trị thiết kế, sẽ thực hiện việc thay thế một phần của một số khối của thiết bị phản chiếu lõi 2 với thanh phản ứng có thể điều chỉnh bằng khối thiết bị phản chiếu thay thế với thanh phản ứng có thể điều chỉnh, tại đó, việc làm giàu thanh phản ứng được điều chỉnh là cần thiết và đủ để đạt được mức dưới tới hạn đã được thiết lập trước đó theo thiết kế.

Hơn nữa, có thể bù đắp cho sự dễ thay đổi về công nghệ, các lõi mà không cần sự thay thế một phần của các khối thiết bị phản chiếu lõi. Trong trường hợp này, thanh phản ứng có thể điều chỉnh được đưa vào rãnh của thiết bị phản chiếu 2 hoặc khối (các khối) phản chiếu hoặc loại bỏ khỏi rãnh của thiết bị phản chiếu 2 hoặc khối khối (các khối) phản chiếu; tại thời điểm thanh phản ứng điều chỉnh với sự làm giàu được đặt vào các địa điểm đó sẽ đảm bảo mức độ dưới tới hạn đã thiết lập.

Việc điều chỉnh “tinh tế hơn” các đặc tính của lõi được thực hiện bằng các thiết bị hấp thụ của nhóm thanh bù được đặt vào cụm nhiên liệu của lõi. Số lượng thanh phản ứng điều chỉnh được và khối thiết bị phản chiếu của mặt với thanh phản ứng điều chỉnh đã được thiết lập được xác định bằng cách thực hiện đo neutron để kiểm tra đặc tính cuối cùng của lõi trong quá trình lắp ráp.

Việc sử dụng các thanh phản ứng có thể điều chỉnh cho phép có biên độ kiểm soát lớn trong quá trình vận hành lò phản ứng hạt nhân vì việc điều chỉnh các đặc tính của lõi được thực hiện bởi các phân tử hấp thụ của nhóm thanh bù khi lõi hoạt động ở chế độ gần với chế độ thiết kế, cả trong quá trình đưa vào hoạt động và vận hành; theo đó, các nhóm thanh bù có thể di chuyển ít hơn.

Ví dụ, đối với một cấu trúc lõi nhất định, việc làm giàu đồng vị boron-10 của thanh phản ứng được điều chỉnh có thể cao hơn (lên đến 80-90%) việc làm giàu đồng vị boron-10 của thanh bù lõi chỉ có thể lên đến 40-50%. Trong trường hợp khác, việc làm giàu đồng vị boron-10 của thanh bù lõi có thể lên đến hơn 90%, việc làm giàu thanh điều chỉnh có thể lên đến hơn 96%. Tuy nhiên, hiệu quả sẽ phụ thuộc vào số lượng của 93% thanh trong lõi. Nếu số lượng quá nhỏ và độ làm giàu trung bình ít hơn 93%, thì độ làm giàu thanh điều chỉnh càng cao thì hiệu quả của chúng càng lớn.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp đảm bảo lõi lò phản ứng neutron (4) được đảm bảo dưới tới hạn trong các điều kiện đặc tính không chắc chắn theo đó, sau khi lắp lõi phản ứng, thực hiện đo vật lý về sự dưới tới hạn của lõi khi sử dụng phương pháp đã biết, và thực hiện so sánh các kết quả đạt được với các giá trị thiết kế; trong trường hợp có sự chênh lệch giữa các đặc tính đạt được và các giá trị thiết kế, việc làm giàu thanh phản ứng được điều chỉnh nhằm đảm bảo dưới tới hạn các giá trị đã đặt ra trước đó theo thiết kế được cài đặt trong lò phản ứng ở mức phân nhiên liệu lõi; và làm giàu đồng vị boron-10 của thanh phản ứng có thể điều chỉnh được chọn cao hơn làm giàu đồng vị boron-10 của thanh bù lõi.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thanh phản ứng điều chỉnh được đặt trong một, hoặc vài hoặc tất cả khối phản chiếu của lõi (2), và thanh phản ứng điều chỉnh được lắp bằng cách lắp khối phản chiếu lõi với thanh phản ứng điều chỉnh được lắp bên trong cùng được đặt ở mức của phân nhiên liệu lõi.
3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó thanh phản ứng điều chỉnh được đưa vào rãnh của thiết bị phản chiếu của lõi.
4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sau khi lắp thanh phản ứng điều chỉnh ở mức của phân nhiên liệu lõi, thực hiện đo vật lý bổ sung sự dưới tới hạn của lõi, và nếu có sự chênh lệch giữa giá trị thu được và giá trị thiết kế, thanh phản ứng điều chỉnh được với độ làm giàu không đủ được thay thế bằng thanh phản ứng điều chỉnh được với độ làm giàu đảm bảo nhằm đạt được mức dưới tới hạn theo thiết kế, trong đó thanh phản ứng điều chỉnh được thay thế bằng cách loại bỏ một hoặc vài khối phản chiếu lõi và sự thay thế khối phản chiếu với thanh phản ứng điều chỉnh được với độ làm giàu theo yêu cầu.
5. Phương pháp theo điểm 3, trong đó sau khi lắp thanh phản ứng điều chỉnh được ở mức phân nhiên liệu lõi, tiến hành đo vật lý bổ sung sự dưới tới hạn của lõi, và nếu có sự khác nhau giữa giá trị thu được và giá trị thiết kế, thanh phản ứng điều chỉnh được với độ làm giàu không phù hợp được thay thế bằng thanh phản ứng điều chỉnh được với độ làm giàu đảm bảo mức dưới tới hạn theo thiết kế, trong đó thanh phản ứng điều chỉnh được thay thế bằng cách loại bỏ thanh phản ứng điều chỉnh được từ rãnh phản chiếu lõi và đưa vào thanh khác với độ làm giàu theo yêu cầu.

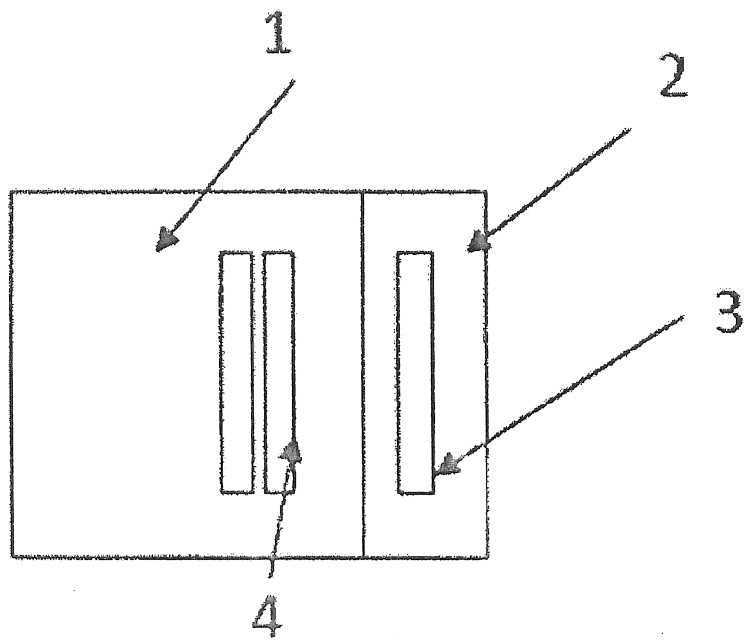


Fig. 1