

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 244854 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **442072**

(22) Data zgłoszenia: **2022.08.23**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.30 BUP 05/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.03.11 WUP 11/2024**

(51) MKP:

H05B 6/64 (2006.01)

H05B 6/70 (2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

WOJCIECH GWAREK, Warszawa, PL

KRZYSZTOF JANKOWSKI, Warszawa, PL

WOJCIECH WOJTASIAK, Warszawa, PL

MAGDALENA BOROWSKA, Warszawa, PL

PRZEMYSŁAW KORPAS, Warszawa, PL

SEBASTIAN KOZŁOWSKI, Warszawa, PL

DANIEL GRYGLEWSKI, Warszawa, PL

DARIUSZ KOŁODZIEJ, Warszawa

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Aplikator mikrofalowy do przeprowadzania reakcji chemicznych

PL 244854 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest aplikator mikrofalowy do przeprowadzania reakcji chemicznych w kontrolowanej temperaturze wraz falowodem doprowadzającym sygnał mikrofalowy do tego aplikatora. Wynalazek znajduje zastosowanie głównie w dziedzinie chemii.

Podgrzewanie substancji za pomocą promieniowania elektromagnetycznego o częstotliwościach mikrofalowych znajduje zastosowanie w gospodarstwie domowym (kuchenki mikrofalowe), w wielu gałęziach przemysłu, jak również w badaniach naukowych, szczególnie w dziedzinie chemii. Jednym z takich zastosowań jest przeprowadzanie reakcji, np. syntezy, w ściśle kontrolowanej temperaturze w przeznaczonym do tego celu reaktorze chemicznym.

W porównaniu do ogrzewania konwekcyjnego, ogrzewanie za pomocą mikrofal pozwala uzyskać wyższą wydajność i lepszą powtarzalność warunków reakcji. Istotna jest również możliwość kontroli przebiegu temperatury w dziedzinie czasu oraz możliwość zapewnienia zasadniczo równomiernego rozkładu temperatury w całej objętości zajmowanej przez reagujące substancje.

Aby w pełni wykorzystać wymienione zalety, reaktor powinien być skonstruowany tak, aby:

- fala elektromagnetyczna pochodząca ze źródła mikrofalowego efektywnie przenikała do komory reaktora, tzw. aplikatora;
- pole elektromagnetyczne w aplikatorze było skoncentrowane w miejscu, w którym znajdują się reagujące substancje;
- pole elektromagnetyczne w miejscu, w którym znajdują się reagujące substancje, miało możliwie równomierny rozkład w celu równomiernego ogrzewania całej objętości tych substancji.

Aby spełnić wymienione wymagania, konieczne jest właściwe zaprojektowanie komory reaktora oraz układu sprzęgającego tę komorę z przewodnicą falową, w której propaguje fala elektromagnetyczna wytwarzana przez źródło mikrofalowe. Możliwe są różne kształty komór, np. prostopadłościennych lub cylindrycznych, oraz różne konfiguracje sprzężeń pomiędzy komorą a przewodnicą falową, np. anteny, szczeliny lub otwory w ścianie komory. Przewodnice falowe mogą być realizowane np. jako linie TEM lub falowody. Wiedza ta jest znana specjalistom w dziedzinie mikrofal.

Aplikatory można podzielić na jednomodowe i wielomodowe. W aplikatorze jednomodowym pod wpływem dostarczanej fali elektromagnetycznej wzbudza się jeden rodzaj (mod) rezonansowy, przy czym typowo jest to rodzaj podstawowy właściwy dla danego kształtu aplikatora. W aplikatorze wielomodowym może wzbudzać się wiele rodzajów rezonansowych. Rodzaje występujące w rezonatorach o określonych kształtach oraz związane z nimi rozkłady pola elektrycznego i magnetycznego są dobrze znane specjalistom w dziedzinie mikrofal.

Dla uzyskania równomiernego rozkładu pola w objętości zajmowanej przez reagujące substancje korzystne jest zastosowanie aplikatora jednomodowego.

W dokumencie patentowym WO 01/62379 A1 ujawniono urządzenie do grzania za pomocą mikrofal. Ogrzewane substancje znajdują się w próbówce, którą umieszcza się w aplikatorze. Fala elektromagnetyczna doprowadzona jest do aplikatora bezpośrednio za pomocą falowodu prostokątnego pracującego w rodzaju podstawowym TE₁₀, przy czym falowód zorientowany jest tak, że składowa elektryczna pola elektromagnetycznego jest pionowa i równoległa do próbówki.

W pracy naukowej Siguemoto, É.S.; Gut, J.A.W.; Dimitrakis, G.; Curet, S.; Boillereaux, L. Evaluation of Microwave Applicator Design on Electromagnetic Field Distribution and Heating Pattern of Cooked Peeled Shrimp. Foods 2021, 10, 1903, opisano aplikator cylindryczny sprzężony z falowodem prostokątnym. Energia mikrofalowa jest dostarczana z falowodu do aplikatora za pomocą pewnej liczby odpowiednio rozmieszczonych i zwymiarowanych szczelin.

Problemem technicznym rozwiązywanym przez wynalazek jest problem doprowadzania energii mikrofalowej do aplikatora w taki sposób, aby pole elektromagnetyczne w aplikatorze było skoncentrowane w objętości zajmowanej przez ogrzewaną substancję i możliwie równomierne w tej objętości.

Układ aplikatora mikrofalowego z odcinkiem falowodu prostokątnego doprowadzającym sygnał mikrofalowy do tego aplikatora charakteryzuje się tym, że aplikator zawiera połączone ze sobą kolejno pierwszą sekcję przejściową, sekcję główną, drugą sekcję przejściową, oraz sekcję zapewniającą zwarcie, przy czym

pierwsza sekcja przejściowa jest połączona z falowodem doprowadzającym sygnał mikrofalowy i ma szerokość równą wymiarowi przekroju poprzecznego falowodu wzdłuż linii pola elektrycznego rodzaju podstawowego H₁₀, wysokość tej sekcji w miejscu połączenia z końcem falowodu jest równa

wymiarowi przekroju poprzecznego falowodu prostopadłe do linii pola elektrycznego rodzaju podstawowego H10 i zwiększa się zasadniczo liniowo w miarę oddalania od końca falowodu;

sekcja główna ma szerokość równą lub większą od szerokości pierwszej sekcji przejściowej oraz wysokość równą lub większą od maksymalnej wysokości pierwszej sekcji przejściowej i jest ponadto przystosowana do wprowadzania do niej naczynia z podgrzewaną substancją;

druga sekcja przejściowa ma długość równą długości pierwszej sekcji przejściowej, szerokość równą szerokości pierwszej sekcji przejściowej, a jej wysokość w miejscu połączenia z sekcją główną jest równa wysokości pierwszej sekcji przejściowej w miejscu połączenia z sekcją główną i zmniejsza się zasadniczo liniowo w miarę oddalania się od sekcji głównej aż do osiągnięcia wartości równej wysokości pierwszej sekcji przejściowej w miejscu połączenia z falowodem doprowadzającym sygnał mikrofalowy;

sekcja zapewniająca zwarcie zawiera odcinek falowodu prostokątnego o przekroju takim samym, jak przekrój falowodu doprowadzającego sygnał mikrofalowy, o jednym końcu połączonym z końcem drugiej sekcji przejściowej o mniejszej wysokości i drugim końcu wyposażonym w środki zapewniające zwarcie.

Korzystnie, układ zawiera środki zapewniające dopasowanie impedancji w postaci dielektrycznej struktury umieszczone w sekcji głównej i otaczające naczynie.

Środki zapewniające dopasowanie impedancji mają postać dielektrycznego walca z wydrążonym podłużnym otworem służącym do umieszczania naczynia.

Alternatywnie, środki zapewniające dopasowanie impedancji mają postać dielektrycznego prostopadłościanu o przekroju kwadratowym, pozbawionego kwadratowej ściany dolnej i górnej, w którym umieszcza się naczynie.

Korzystnie, środki zapewniające zwarcie stanowią stałe lub regulowane zwarcie falowodowe.

Alternatywnie, środki zapewniające zwarcie są zrealizowane przez część współosiową przejścia falowód prostokątny-linia współosiowa z dołączonym stałym lub regulowanym zwarciem współosiowym.

Przykład wykonania wynalazku został ukazany na rysunku, na którym:

fig. 1 przedstawia kierunek pola elektrycznego w przekroju poprzecznym falowodu prostokątnego dla rodzaju podstawowego TE₁₀ (H₁₀);

fig. 2 przedstawia przekrój wzdłużny przykładu wykonania wynalazku w widoku z boku;

fig. 3 przedstawia przekrój wzdłużny przykładu wykonania wynalazku w widoku z góry.

Tym samym elementom przypisano na poszczególnych figurach rysunku te same oznaczenia odsyłające.

Fig. 1 przedstawia kierunek pola elektrycznego w przekroju poprzecznym falowodu prostokątnego dla rodzaju podstawowego. Rodzaj ten oznaczany jest jako TE₁₀ lub H₁₀. Linie pola elektrycznego w tym rodzaju leżą w płaszczyźnie rysunku, są równoległe do krótszego boku prostokąta oraz prostopadłe do dłuższego boku prostokąta. Kierunek propagacji fali jest prostopadły do płaszczyzny rysunku.

Przykład wykonania wynalazku ukazany w przekrojach na fig. 2 i fig. 3 zawiera aplikator 200 oraz falowód prostokątny 100 doprowadzający sygnał mikrofalowy (falę elektromagnetyczną) ze źródła mikrofalowego (nie zaznaczonego na fig.) do aplikatora 200. Falowód 100 pracuje w rodzaju podstawowym H₁₀.

W przykładzie tym zakłada się, że wynalazek może służyć do ogrzewania m. in. materiałów sypkich lub płynnych. W związku z tym pozycja robocza układu jest taka, że falowód 100 przyjmuje położenie przedstawione na fig. 1, tzn. krótszy bok jego przekroju poprzecznego, równoległy do linii pola elektrycznego, jest zorientowany poziomo, a dłuższy bok, prostopadły do linii pola elektrycznego, jest zorientowany pionowo. Do takiego położenia układu odnoszą się określenia „góra” i „dół”.

Wymiar dowolnego z elementów wynalazku równoległy do krótszego boku przekroju poprzecznego falowodu 100 będzie nazywany szerokością tego elementu, wymiar równoległy do dłuższego boku będzie nazywany wysokością, a wymiar równoległy do kierunku propagacji fali w falowodzie 100 będzie nazywany długością.

Pewne przykłady wykonania wynalazku mogą być używane wyłącznie do ogrzewania materiałów stałych, wtedy orientacja układu w przestrzeni może być dowolna. Nie zmienia to znaczenia zdefiniowanych powyżej określeń „szerokość”, „wysokość”, „długość”, „góra” oraz „dół”.

Długość falowodu prostokątnego 100 doprowadzającego falę elektromagnetyczną ze źródła mikrofalowego do aplikatora 200 może być różna w różnych przykładach wykonania wynalazku. Sposób połączenia falowodu 100 ze źródłem mikrofalowym może być różny w różnych przykładach wykonania

wynalazku. W szczególności, falowód 100 może być zrealizowany w postaci przejścia linia współosiowa-falowód prostokątny. W takim przykładzie wykonania sygnał mikrofalowy jest doprowadzany do układu według wynalazku za pomocą linii współosiowej bezpośrednio lub też za pośrednictwem niezbędnych urządzeń, jak np. tłumiki, wzmacniacze, cyrkulatory, izolatory, sprzęgacze kierunkowe, itp.

Aplikator 200 zawiera połączone kolejno ze sobą pierwszą sekcję przejściową 20, sekcję główną 30, drugą sekcję przejściową 40 oraz sekcję zapewniającą zwarcie 50.

Pierwsza sekcja przejściowa 20 ma szerokość równą szerokości falowodu 100. Wysokość tej sekcji w miejscu połączenia z końcem falowodu 100 jest równa wysokości tego falowodu i zwiększa się zasadniczo liniowo w miarę oddalania od końca falowodu 100.

Sekcja główna 30 ma szerokość równą lub większą od szerokości pierwszej sekcji przejściowej 20 oraz wysokość równą lub większą od wysokości pierwszej sekcji przejściowej 20 mierzonych w miejscu najbardziej odległym od falowodu 100. Oznacza to, że sekcja główna 30 może posiadać wgłębienia 31, 32, zwiększające jej wysokość względem wysokości pierwszej sekcji przejściowej 20 mierzonych w miejscu najbardziej odległym od falowodu 100.

Druga sekcja przejściowa 40 ma kształt będący zasadniczo lustrzanym odbiciem pierwszej sekcji przejściowej 20. Innymi słowy, sekcje przejściowe 20 i 40 mają tę samą długość i szerokość, wysokości sekcji przejściowych 20 i 40 w miejscu połączenia z sekcją główną 30 są takie same, a ponadto wysokość drugiej sekcji przejściowej 40 zmniejsza się zasadniczo liniowo w miarę oddalania od sekcji głównej 30 aż do osiągnięcia wartości równej wysokości pierwszej sekcji przejściowej 20 w miejscu połączenia z falowodem 100.

Sekcja zapewniająca zwarcie 50 zawiera odcinek falowodu prostokątnego 51 o przekroju takim samym, jak przekrój falowodu 100. Koniec odcinka falowodu 51 odległy od drugiej sekcji przejściowej 40 jest wyposażony w środki zapewniające zwarcie 52. W pewnych przykładach wykonania wynalazku może to być stałe lub regulowane zwarcie falowodowe. W innych przykładach wykonania wynalazku może to być przejście falowód-linia współosiowa wraz ze stałym lub regulowanym zwarciem współosiowym. W niektórych przykładach wykonania odcinek falowodu 51 będzie bardzo krótki i będzie realizowany przez falowodową część przejścia falowód-linia współosiowa. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie potrafił wskazać różne konfiguracje sekcji 50.

Sekcja główna 30 zawiera w górnej części kanał 33, służący do wprowadzania naczynia na ogrzewaną substancję 300. W przykładzie wykonania wynalazku ukazanym na fig. 2 i fig. 3 naczyniem 300 jest probówka laboratoryjna. Rozmiary kanału 33, w tym jego długość, powinny być tak dobrane, aby w zakresie częstotliwości pracy układu według wynalazku kanał 33 był falowodem podkrytycznym. Zapobiega to wydostawaniu się fali elektromagnetycznej na zewnątrz układu. Odpowiednią długość kanału 33 można zapewnić na wiele sposobów, np. poprzez zapewnienie odpowiedniej grubości górnej ściany, przez którą poprowadzony jest kanał 33, poprzez miejscowe pogrubienie górnej ściany w miejscu kanału 33 lub też poprzez wykonanie kanału 33 w postaci przewodzącej rurki połączonej z górną ścianą.

W boku sekcji głównej 30 mogą być wykonane otwory inspekcyjne 34, służące do obserwacji przebiegu reakcji chemicznej w naczyniu 300. Korzystnie może to być obserwacja za pomocą bezdotykowych czujników temperatury. Maksymalna liczba, rozmiary oraz położenie otworów inspekcyjnych 34 powinny być starannie dobrane tak, aby nie zaburzyć istotnie rozkładu pola elektromagnetycznego w sekcji głównej 30. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie umiał zaprojektować takie otwory, np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych.

W korzystnym przykładzie wykonania wynalazek zawiera środki zapewniające dopasowanie impedancji 320. Korzystnie środki takie wykonane są z niskostratnego materiału dielektrycznego o względnej przenikalności elektrycznej istotnie większej od jedności, rozmieszczonego wokół naczynia 300.

W przykładzie wykonania przedstawionym na fig. 2 i fig. 3 środki 320 mają postać czterech podłużnych płytek wykonanych ze szkła kwarcowego, tworzących pozbawiony ściany dolnej i górnej wydłużony prostopadłościenny pojemnik o przekroju kwadratowym, otaczający probówkę 300. Korzystnie wszystkie cztery płytki są jednakowe, co zmniejsza koszty wykonania prostopadłościennego pojemnika. W innym przykładzie wykonania może to być walec, wykonany np. ze szkła kwarcowego, z wydrążeniem służącym do wprowadzania probówki 300. Środki 320 mogą zawierać otwory inspekcyjne 321 umiejscowione naprzeciwko otworów inspekcyjnych 34 sekcji głównej 30, zapewniające możliwość obserwacji naczynia 300 bez pośrednictwa materiału, z którego wykonano środki 320.

Dokładne wymiary środków zapewniających dopasowanie impedancji 320 zależą m. in. od częstotliwości używanego sygnału mikrofalowego, rozmiarów poszczególnych sekcji aplikatora 20, 30, 40,

50, rozmiarów naczynia 300 oraz parametrów elektrycznych ogrzewanej substancji. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie umiał wyznaczyć wymiary środków 320, np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych.

W korzystnym przykładzie wykonania niezmienność położenia naczynia 300 oraz środków zapewniających dopasowanie impedancji 320 w sekcji głównej 30 zapewniana jest za pomocą środków stabilizujących 310, 311, umieszczonych w górnej i dolnej części komory głównej 30. W przykładzie wykonania, w którym komora główna posiada wgłębienia 31, 32, środki stabilizujące będą umieszczone, przynajmniej częściowo, w tych wgłębieniach.

Korzystnie środki stabilizujące 310, 311 wykonane są w postaci płytek z niskostratnego materiału dielektrycznego o względnej przenikalności elektrycznej bliskiej jedności, np. z teflonu. Obecność takiego materiału wywiera niewielki wpływ na rozkład pola elektromagnetycznego w sekcji głównej 30. Środki stabilizujące 310, 311 zawierają rowki, otwory lub wgłębienia o kształtach pozwalających na stabilne osadzenie naczynia 300 oraz środków zapewniających dopasowanie impedancji 320.

Osadzenie płytek stabilizujących 310, 311 w komorze głównej 30 może wymagać drobnych zmian kształtu tej komory. W przykładzie wykonania przedstawionym na fig. 2 zmiany takie polegają na wprowadzeniu rowków 38, 39, w których blokują się płytki 310, 311. Zmiany takie nie powinny istotnie zaburzać rozkładu pola elektromagnetycznego w komorze 30. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie umiał zaprojektować takie niewielkie zmiany i oszacować ich wpływ na rozkład pola, np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych.

Wspomniane ewentualne poszerzenie sekcji głównej 30 względem szerokości falowodu 100 oraz sekcji 20, 40, 50, uwidocznione na fig. 3, zależy m. in. od częstotliwości używanego sygnału mikrofalowego, kształtu i materiału środków zapewniających dopasowanie impedancji 320, rozmiarów naczynia 300 oraz parametrów elektrycznych ogrzewanej substancji. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie umiał określić wartość tego poszerzenia, np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych. W niektórych przykładach wykonania takie poszerzenie nie jest konieczne.

Wspomniane ewentualne zwiększenie wysokości sekcji głównej 30 względem wysokości odpowiednich końców sekcji przejściowych 20, 40 poprzez dodanie wgłębień 31, 32 przedstawionych na fig. 3 zależy m. in. od częstotliwości używanego sygnału mikrofalowego, kształtu i materiału środków zapewniających dopasowanie impedancji 320, rozmiarów naczynia 300 oraz parametrów elektrycznych ogrzewanej substancji. Specjalista w dziedzinie mikrofal będzie umiał określić wartość tej różnicy wysokości, np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych. W niektórych przykładach wykonania taka różnica wysokości nie jest konieczna.

W korzystnym przykładzie wykonania odcinek falowodu 100, sekcje 20, 30, 40 oraz odcinek falowodu 51 sekcji 50 są wykonane przez wyfrezowanie w dwóch blokach przewodnika, np. mosiądzu. Bloki te następnie składa się tak, że płaszczyzna ich połączenia odpowiada płaszczyźnie przekroju ukazanego na fig. 2, po czym łączy się je, np. poprzez skręcenie śrubami. W innych przykładach wykonania poszczególne sekcje mogą być wykonane osobno i połączone np. przez skręcenie śrubami. W jeszcze innych przykładach wykonania pojedyncze sekcje mogą składać się z wielu połączonych ze sobą części.

Opisaną powyżej strukturę można modyfikować tak, aby nie zaburzyć w istotnym stopniu rozkładu pola w sekcji głównej 30, a zwłaszcza w miejscu umieszczenia naczynia 300. Modyfikacje takie mogą obejmować dodatkowe otwory inspekcyjne, wprowadzanie różnego typu czujników do wybranych sekcji czy też drobne zmiany kształtu wybranych sekcji. Wspomnianym przykładem takiej modyfikacji są rowki 38, 39. Przy wprowadzaniu takich modyfikacji należy się kierować wiedzą znaną specjalistom w dziedzinie mikrofal, obejmującą m.in. następujące fakty:

- wszelkie dodatkowe elementy i otwory mają niewielki wpływ na rozkład pola, gdy są umieszczone w miejscu, w którym natężenie tego pola jest słabe,
- elementy dielektryczne mają niewielki wpływ na rozkład pola, gdy są wykonane z materiału niskostratnego o względnej przenikalności elektrycznej bliskiej jedności.

Rozkład pola elektromagnetycznego w układzie według wynalazku oraz wpływ dodatkowych elementów i otworów na ten rozkład można wyznaczyć np. za pomocą odpowiedniego programu komputerowego do symulacji elektromagnetycznych.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ aplikatora mikrofalowego (200) z odcinkiem falowodu prostokątnego (100) doprowadzającym sygnał mikrofalowy do tego aplikatora, **znamienny tym**, że aplikator (200) zawiera połączone ze sobą kolejno pierwszą sekcję przejściową (20), sekcję główną (30), drugą sekcję przejściową (40), oraz sekcję zapewniającą zwarcie (50), przy czym
 pierwsza sekcja przejściowa (20) jest połączona z falowodem (100) i ma szerokość równą wymiarowi przekroju poprzecznego falowodu (100) wzdłuż linii pola elektrycznego rodzaju podstawowego H10, wysokość tej sekcji w miejscu połączenia z końcem falowodu (100) jest równa wymiarowi przekroju poprzecznego falowodu (100) prostopadłe do linii pola elektrycznego rodzaju podstawowego H10 i zwiększa się zasadniczo liniowo w miarę oddalania od końca falowodu (100);
 sekcja główna (30) ma szerokość równą lub większą od szerokości pierwszej sekcji przejściowej (20) oraz wysokość równą lub większą od maksymalnej wysokości pierwszej sekcji przejściowej (20) i jest ponadto przystosowana do wprowadzania do niej naczynia z podgrzewaną substancją (300);
 druga sekcja przejściowa (40) ma długość równą długości pierwszej sekcji przejściowej (20), szerokość równą szerokości pierwszej sekcji przejściowej (20), a jej wysokość w miejscu połączenia z sekcją główną (30) jest równa wysokości pierwszej sekcji przejściowej (20) w miejscu połączenia z sekcją główną (30) i zmniejsza się zasadniczo liniowo w miarę oddalania się od sekcji głównej (30) aż do osiągnięcia wartości równej wysokości pierwszej sekcji przejściowej (20) w miejscu połączenia z falowodem (100);
 sekcja zapewniająca zwarcie (50) zawiera odcinek falowodu prostokątnego (51) o przekroju takim samym, jak przekrój falowodu (100), o jednym końcu połączonym z końcem drugiej sekcji przejściowej (40) o mniejszej wysokości i drugim końcu wyposażonym w środki zapewniające zwarcie (52).
2. Układ według zastrz. 1, **znamienny tym**, że zawiera środki zapewniające dopasowanie impedancji (320) w postaci dielektrycznej struktury umieszczone w sekcji głównej (30) i otaczające naczynie (300).
3. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że środki zapewniające dopasowanie impedancji (320) mają postać dielektrycznego walca z wydrążonym podłużnym otworem służącym do umieszczania naczynia (300).
4. Układ według zastrz. 2, **znamienny tym**, że środki zapewniające dopasowanie impedancji (320) mają postać dielektrycznego prostopadłościanu o przekroju kwadratowym, pozbawionego kwadratowej ściany dolnej i górnej, w którym umieszcza się naczynie (300).
5. Układ według któregośkolwiek z poprzednich zastrz. 1-4, **znamienny tym**, że środki zapewniające zwarcie (52) stanowią stałe lub regulowane zwarcie falowodowe.
6. Układ według dowolnego z zastrz. 1-4, **znamienny tym**, że środki zapewniające zwarcie (52) są zrealizowane przez część współosiową przejścia falowód prostokątny-linia współosiowa z dołączonym stałym lub regulowanym zwarcie współosiowym.

Rysunki

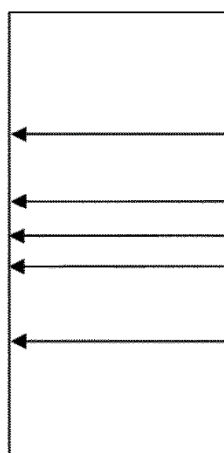


fig. 1

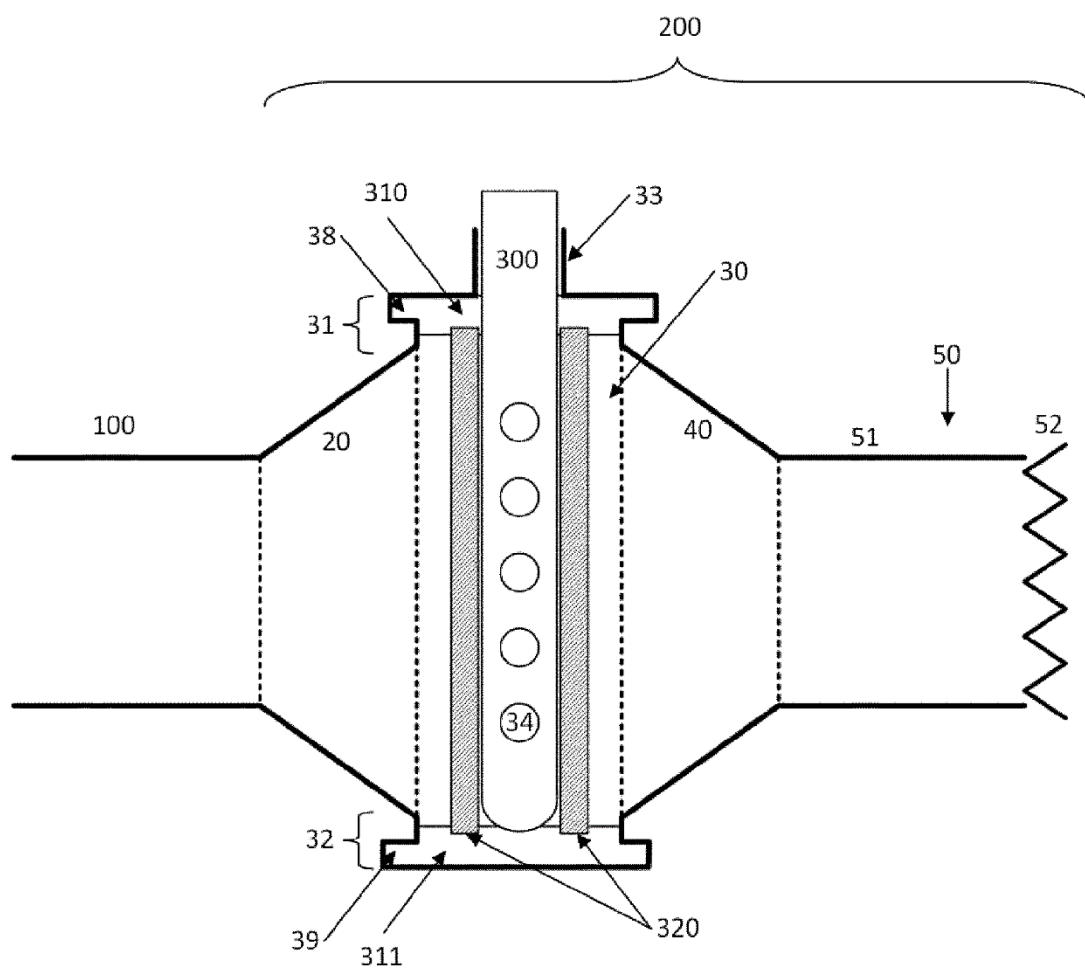


fig. 2

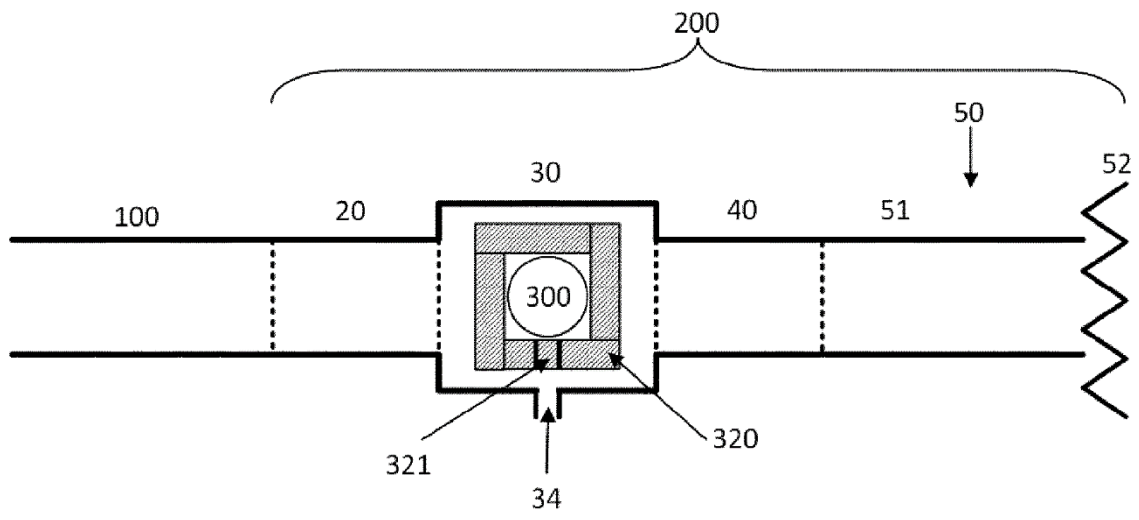


fig. 3