

• RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL** (11) **237590**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **426786**

(51) Int.Cl.
H01J 37/32 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **24.08.2018**

(54) **Sposób i urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym,
zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
09.03.2020 BUP 06/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
04.05.2021 WUP 09/21

(73) Uprawniony z patentu:
RESZKE EDWARD, Wrocław, PL
YELKIN IHAR, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
EDWARD RESZKE, Wrocław, PL
IHAR YELKIN, Wrocław, PL
GRZEGORZ BINKIEWICZ,
Łukowice Brzeskie, PL

PL 237590 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami, w szczególności przeznaczone do plazmowej obróbki materiałów.

Sposób i urządzenie do kontroli zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym znane są z europejskiego zgłoszenia patentowego nr EP0425419. Sposób obejmuje zastosowanie środków elektrostatycznych, elektromagnetycznych, mechanicznych, termicznych, ciśnieniowych, higroskopijnych lub chemicznych w celu wyeliminowania zanieczyszczenia cząstkami *in situ* w układzie reaktora plazmy, znajdującego zastosowanie głównie w procesie trawienia plazmowego, bardzo czułego na zabrudzenia pochodzące zarówno z zewnątrz układu jak również pochodzące z wewnętrznych źródeł chemicznych i mechanicznych. Jeden z wariantów sposobu, polega na tym, że wykonuje się proces plazmowego oczyszczania poprzez przyłożenie napięcia RF w celu ustalenia plazmy w reaktorze, po czym okresowe przestawianie napięcia RF przez krótki okres i ponowne przyłożenie napięcia RF, zapewniając cykliczne chwilowe przerwy napięcia RF i plazmy oraz ciągłe powtarzanie stosowania napięcia RF na przemian z krótkimi przerwami do zakończenia tego procesu plazmowego. Zasilacz RF jest kluczowany periodycznie. Układ reaktora plazmowego zawiera elektronikę sterującą do wytwarzania impulsów dla źródła napięcia RF. Inny sposób polega na wytworzeniu plazmy przed-procesowej, która jest wyładowaniem jarzeniowym typu RF w reaktorze indukcyjnym bezelektrodowym, w którym występują jedynie gradient gestosci typu plasma sheat będący wynikiem dyfuzji ambipolarnej oraz gradient temperatury w kierunku przepływu gazu. W tym sposobie plazma jest indukowana przez cewkę zasilaną energią z zasilacza, która to energia jest doprowadzana do komory w celu usunięcia wody utworzonej przez fragmentację uwodnionych składników, takich jak OH lub zanieczyszczeń węglowodorowych w gazach zasilających. W rozwiązaniu tym, przy pracy z gazem reakcyjnym redukuje się wodę, tlen lub absorbowane chemikalia organiczne, a także osiąga się redukcję wody lub absorbowanych chemikaliów organicznych we wnętrzu plazmy poprzez ich ekspozycje na plazmy CF_4 lub NF_6 .

Istota sposobu według wynalazku polega na tym, że zanieczyszczony gaz odpompowywany z co najmniej jednej próżniowej komory z obniżonym ciśnieniem w postaci lampy plazmowej oczyszcza się w co najmniej jednej oczyszczającej lampie plazmowej, w której pomiędzy anodą oczyszczającej lampy plazmowej i katodą oczyszczającej lampy plazmowej inicjuje się wyładowanie jarzeniowe, korzystnie krakuje się cząstki lubrykantów, zaś przetworzone częściowo spolimeryzowane ciężkie cząstki lubrykantów gromadzi się zbiorniku buforowym, poczym odprowadza się je na zewnątrz układu pompowego.

Istota urządzenia według wynalazku polega na tym, że co najmniej jedna komora z obniżonym ciśnieniem w postaci lampy plazmowej, połączona jest z co najmniej jedną oczyszczającą lampą plazmową i ze zbiornikiem buforowym podłączonym do pompy próżniowej, ponadto przewód próżniowy łączący lampy plazmowe z oczyszczającą lampą plazmową zaopatrzone jest w zawór dozujący gazowe medium domieszki do lamp plazmowych, z których promieniowanie jest następnie kierowane na obrabiany materiał.

Korzystnie, oczyszczające lampy plazmowe połączone są przewodem próżniowym szeregowo.

Korzystnie, oczyszczające lampy plazmowe pierwsza i druga połączone są z zasilaczem równolegle.

Korzystnie, oczyszczająca lampa plazmowa jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu H, która połączona jest z generatorem mocy częstotliwości radiowej.

Korzystnie, oczyszczająca lampa plazmowa jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu E, która połączona jest z generatorem mocy częstotliwości radiowej.

Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami według wynalazku, w którym zastosowano oczyszczające lampy plazmowe daje możliwość zagwarantowania długiego resursu pracy procesowych lamp plazmowych, który w praktyce wydłuża go nawet tysiąckrotnie. Zastosowanie wynalazku do próżniowych procesów mikroelektroniki może zaowocować dalszym pomnożeniem atomowej czystości procesu pozwalając na osiąganie nowych limitów technicznych, dotąd uważanych za nieosiągalne. W procesach wymagających szczególnie wysokiej czystości warto zastosować co najmniej jedną lampę typu bezelektrodowego położoną najbliżej zaworu V, w której z wnętrza osunięto elektrody sytuując je na zewnątrz i kształtując tak, aby wykorzystując energię fal radiowych mogły generować plazmę wyładowania typu E (w polu elektrycznym) bądź typu H (w polu magnetycznym).

Przedmiot wynalazku jest objaśniony w przykładach wykonania i uwidoczniony, na rysunku na którym fig. 1 przedstawia urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym z jedną oczyszczającą lampą plazmową, fig. 2 – urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym z dwiema oczyszczającymi lampami plazmowymi, fig. 3 – urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym z jedną oczyszczającą lampą plazmową połączoną szeregowo przewodem próżniowym z oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu H, a fig. 4 – urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym z jedną oczyszczającą lampą plazmową połączoną szeregowo przewodem próżniowym z oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu E.

P r z y k ł a d 1

Sposób zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami polega na tym, że pompą próżniową PP odpompowuje zanieczyszczony gaz z komory z obniżonym ciśnieniem w postaci pierwszej lampy plazmowej LA₁, po czym zanieczyszczony gaz oczyszcza się w pierwszej oczyszczającej lampie plazmowej LA₀₁, podłączonej do zasilacza ZA, w której pomiędzy anodą oczyszczającej lampy plazmowej A₀₁ i katodą oczyszczającej lampy plazmowej K₀₁ inicjuje się wyładowanie jarzeniowe i krakuje się i częściowo polimeryzuje cząstki lubrykantów, zaś przetworzone ciężkie cząstki lubrykantów gromadzi się zbiorniku buforowym ZB, po czym odprowadza się je na zewnątrz układu pompowego.

P r z y k ł a d 2

Sposób zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami przebiega jak w przykładzie pierwszym z tą różnicą, że zanieczyszczony gaz odpompowywany z trzech lamp plazmowych pierwszej LA₁, drugiej LA₂ i trzeciej LA₃, oczyszcza się w dwóch oczyszczających lampach plazmowych pierwszej LA₀₁ i drugiej LA₀₂ połączonych szeregowo przewodami próżniowymi, w których pomiędzy anodami oczyszczających lamp plazmowych pierwszej A₀₁ oraz drugiej A₀₂ i katodami oczyszczających lamp plazmowych pierwszej K₀₁ i drugiej K₀₂, za pomocą zasilacza ZA inicjuje się wyładowanie jarzeniowe, po czym krakuje się cząstki lubrykantów w pierwszej oczyszczającej lampie plazmowej LA₀₁, a następnie w drugiej oczyszczającej lampie plazmowej LA₀₂.

P r z y k ł a d 3

Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami ma pompę próżniową PP połączoną ze zbiornikiem buforowym ZB połączonym z kolei z plazmową lampą wyładowczą LA₀₁, która stanowi swoisty oczyszczacz gazów i jest wyposażona w anodę pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej A₀₁ oraz katodę pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej K₀₁. Pierwsza oczyszczająca lampka plazmowa LA₀₁, od strony anody pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej A₀₁ jest połączona z zaworem dozującym V, do którego doprowadzane jest gazowe medium domieszki MD, którym może być zwłaszcza wilgotne powietrze atmosferyczne. Do zaworu dozującego V dołączona jest pierwsza lampka plazmowa LA₁, której elektrody są zasilane z niezależnego źródła prądu. Pierwsza Lampka plazmowa LA₁, generuje promieniowanie pierwszej lampy plazmowej R₁ które jest kierowane na obrabiany materiał OM. Obrabianym materiałem OM może być ciecz, substancje biologiczne lub ciało żywego organizmu.

P r z y k ł a d 4

Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami ma wykonanie jak w przykładzie trzecim z tą różnicą, że ma trzy lampy plazmowe pierwszą LA₁ i, drugą LA₂ i trzecią LA₃, połączone z dwiema oczyszczającymi lampami plazmowymi pierwszą LA₀₁ i drugą LA₀₂, przy czym oczyszczające lampy plazmowe pierwszą LA₀₁ i drugą LA₀₂ połączone są przewodem próżniowym szeregowo, natomiast anody oczyszczających lamp plazmowych pierwszej A₀₁, i drugiej A₀₂ oraz katody oczyszczających lamp plazmowych pierwsze K₀₁ i drugiej K₀₂ połączone są równoległe zasilaczem ZA. Ponadto do zaworu dozującego V dołączone są lampy plazmowe pierwszą LA₁, drugą LA₂, i trzecią LA₃, których elektrody są zasilane z niezależnych źródeł prądu. Lampy plazmowe pierwszą LA₁ drugą LA₂, i trzecią LA₃, generują promieniowanie promieniowanie lamp plazmowych pierwszej lampy plazmowej R₁, drugiej lampy plazmowej R₂ i trzeciej lampy plazmowej R₃, które jest kierowane na obrabiany materiał OM. Obrabianym materiałem OM może być ciecz, substancje biologiczne lub ciało żywego organizmu.

P r z y k ł a d 5

Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami ma wykonanie jak w przykładzie czwartym z tą różnicą, że druga oczyszczająca lampka plazmowa LA₀₂ jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu H LA_H z dominującym

sprężeniem za pomocą induktora, który połączony jest z generatorem mocy częstotliwości radiowej RF o częstotliwości 1 -50MHz i mocy 20W.

Przykład 6

Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami ma wykonanie jak w przykładzie czwartym z tą różnicą, że druga oczyszczająca lampa plazmowa LA₀₂ jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu E LA_E z dominującym sprężeniem pola elektrycznego za pomocą dwóch pierścieni, które połączone są z generatorem mocy częstotliwości radiowej RF o częstotliwości 1-50MHz i mocy 20W.

Działanie urządzenia jest następujące: za pomocą pompy próżniowej PP w pierwszej oczyszczającej lampie plazmowej LA₀₁, uzyskiwana jest dynamiczna próżnia której poziom jest wygładzany za pomocą zbiornika buforowego ZB. Przy poziomie tej próżni w zakresie 0,1 do 200 Pa zostaje wzbudzone wyładowanie jarzeniowe pomiędzy anodą pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej A₀₁ i katodą pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej K₀₁, przy czym prąd anodowy ustala się w zakresie od 10μA do 50 mA (DC). Dla podwyższenia skuteczności oczyszczania stosowana jest pierwsza oczyszczająca lampa plazmowa LA₀₁, i ewentualnie kolejne. Najważniejszym zanieczyszczeniem usuwanym poprzez zastosowanie pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej LA₀₁, są pary oleju lub inne mikrodrobiny pochodzące z pompy próżniowej PP. Po pierwsze zaporą, jaką tworzy wyładowanie plazmowe rozbija (krakuje) cząstki lubrykantów oraz częściowo je polimeryzuje. Po drugie wobec jednokierunkowego przepływu prądu wyładowania, korzystnie anormalnego, anoda pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej LA₀₁ wysyła strumień jonów w kierunku katody pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej K₀₁ i w ten sposób powstaje swoista nierównowaga, gdyż wiatr jonowy, to także rodzaj pompy, która cięższe cząstki gazu wypycha z powrotem do zbiornika buforowego ZB. Jeszcze inny mechanizm wyjaśniający pozytywne działanie sposobu i urządzenia według wynalazku wiąże się z faktem, że w związku z rozrzedzeniem gazu prędkości ciężkich indywidualów w obrębie pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej LA₀₁ i są podwyższone. W zaworze V, gdzie odbywa się dawkowanie gazowego medium domieszki MD ustala się równowagowe stężenie gazu, który jest następnie wprowadzany do procesowych lamp plazmowych pierwszej LA₁, drugiej LA₂, i trzeciej LA₃, a ten gaz pozbawiony jest zanieczyszczeń pochodzących z układu pompowania próżni z pompą próżniową PP oraz ze zbiornika buforowego ZB. Z praktycznego punktu widzenia przedstawiona na rys 1 kolejność połączeń poszczególnych elementów urządzenia jest jednocześnie wyrazem ich geometrycznego rozkładu względem wysokości rysunku. Mając zawór V i wlot gazowego medium gazowego MD umieszczony na górze urządzenia, zaś zbiornik buforowy ZB i pompę próżniową PP umieszczone na dole, można dodatkowo wymusić korzystne wzbogacanie gazu dostarczanego do lamp procesowych lamp plazmowych pierwszej LA₁, drugiej LA₂, i trzeciej LA₃, w lekkie komponenty, z których ważną rolę pełnią elektrododatni wodór H⁺ oraz hel He⁺, które są zawracane po zderzeniu z dodatnim przyanodowym ładunkiem przestrzennym w pierwszej oczyszczającej lampie plazmowej LA₀₁ podczas, gdy składniki w postaci ciężkich gazów atomowych takich jak Ar, Kr, Ne, jak też cięższe molekuly N₂, O₂ mogą być eliminowane niejako mechanicznie jako łatwiej 'pompowalne' przez pompę próżniową PP.

Wykaz oznaczeń na rysunku:

- PP – pompa próżniowa,
- ZB – zbiornik buforowy,
- LA₀₁ – pierwsza oczyszczająca lampa plazmowa,
- LA₀₂ – druga oczyszczająca lampa plazmowa,
- LA₀₁ – anoda pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej,
- A₀₂ – anoda drugiej oczyszczającej lampy plazmowej,
- K₀₁ – katoda pierwszej oczyszczającej lampy plazmowej,
- K₀₂ – katoda drugiej oczyszczającej lampy plazmowej,
- V – zawór dozujący,
- MD – gazowe medium domieszki,
- LA₁ – pierwsza lampa plazmowa,
- LA₂ – druga lampa plazmowa,
- LA₃ – trzecia lampa plazmowa,
- A₁ – anoda pierwszej lampy plazmowej,
- A₂ – anoda drugiej lampy plazmowej,
- A₃ – anoda trzeciej lampy plazmowej,

K₁ – katoda pierwszej lampy plazmowej,
K₂ – katoda drugiej lampy plazmowej,
K₃ – katoda trzeciej lampy plazmowej
R₁ – promieniowanie pierwszej lampy plazmowej,
R₂ – promieniowanie drugiej lampy plazmowej,
R₃ – promieniowanie trzeciej lampy plazmowej,
OM – obrabiany materiał,
ZA – zasilaczem,
RF – generator mocy częstotliwości radiowej,
LA_E – oczyszczająca lampa plazmowa bezelektrodową typu E,
LA_H – oczyszczająca lampa plazmowa bezelektrodową typu H.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami polegający na odpompowaniu pompą próżniową komory z obniżonym ciśnieniem, **znamienny tym**, że zanieczyszczony gaz odpompowywany z co najmniej jednej próżniowej komory z obniżonym ciśnieniem w postaci lampy plazmowej (LA₁, LA₂, LA₃) oczyszcza się w co najmniej jednej oczyszczającej lampie plazmowej (LA₀₁, LA₀₂, LA_H, LA_E), w których pomiędzy anodami oczyszczającej lampy plazmowej (A₀₁, A₀₂) i katodami oczyszczającej lampy plazmowej (K₀₁, K₀₂) inicjuje się wyładowanie jarzeniowe, korzystnie krakuje się i częściowo polimeryzuje cząstki lubrykantów, zaś przetworzone ciężkie cząstki lubrykantów gromadzi się zbiorniku buforowym (ZB), po czym odprowadza na zewnątrz układu pompowego.
2. Urządzenie do zmniejszania zanieczyszczeń w reaktorze plazmowym, zwłaszcza zanieczyszczeń lubrykantami zawierające komorę z obniżonym ciśnieniem podłączoną do pompy próżniowej, **znamiennie tym**, że co najmniej jedna komora o obniżonym ciśnieniu w postaci lampy plazmowej (LA₁, LA₂, LA₃), połączona jest z co najmniej jedną oczyszczającą lampą plazmową (LA₀₁, LA₀₂, LA_H, LA_E) ze zbiornikiem buforowym (ZB) podłączonym do pompy próżniowej (PP), ponadto przewód próżniowy łączący lampy plazmowe (LA₁, LA₂, LA₃) z oczyszczającą lampą plazmową (LA₀₁, LA₀₂, LA_H, LA_E) zaopatrzony jest w zawór dozujący (V) gazowe medium domieszki (MD) do lamp plazmowych (LA₁, LA₂, LA₃), z których promieniowanie (R₁, R₂, R₃) jest kierowane na obrabiany materiał (OM).
3. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że oczyszczające lampy plazmowe (LA₀₁ LA₀₂LA_HLA_E) połączone są przewodem próżniowym szeregowo.
4. Urządzenie według zastrz. 2, **znamiennie tym**, że oczyszczające lampy plazmowe pierwsza (LA₀₁) i druga (LA₀₂) połączone są z zasilaczem (ZA) równolegle.
5. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że oczyszczająca lampa plazmowa (LA₀₁, LA₀₂) jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu H (LA_H), która połączona jest z generatorem mocy częstotliwości radiowej (RF).
6. Urządzenie według zastrz. 3, **znamiennie tym**, że oczyszczająca lampa plazmowa (LA₀₁, LA₀₂) jest oczyszczającą lampą plazmową bezelektrodową typu E (LA_E), która połączona jest z generatorem mocy częstotliwości radiowej (RF).

Rysunki

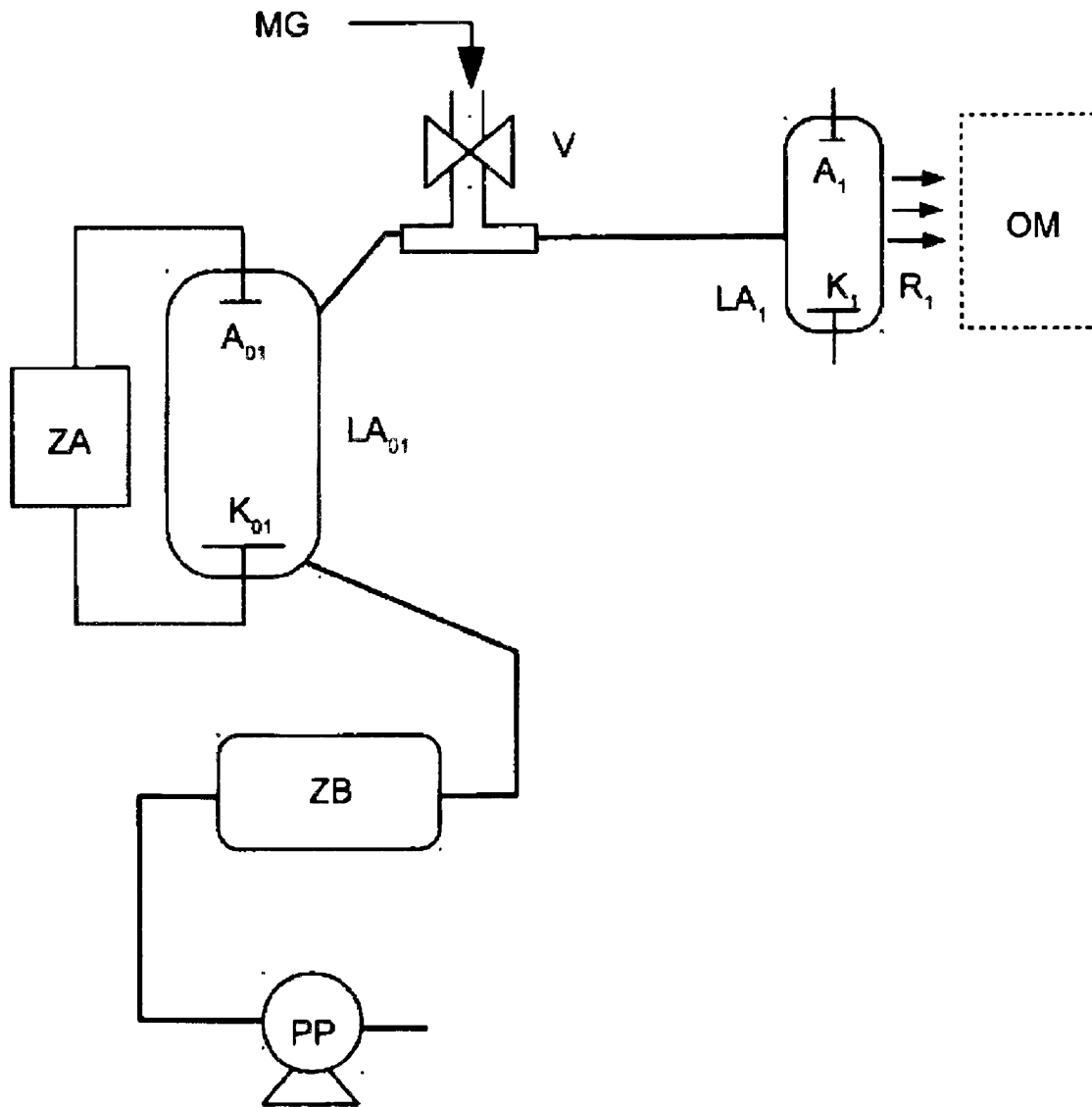


Fig. 1

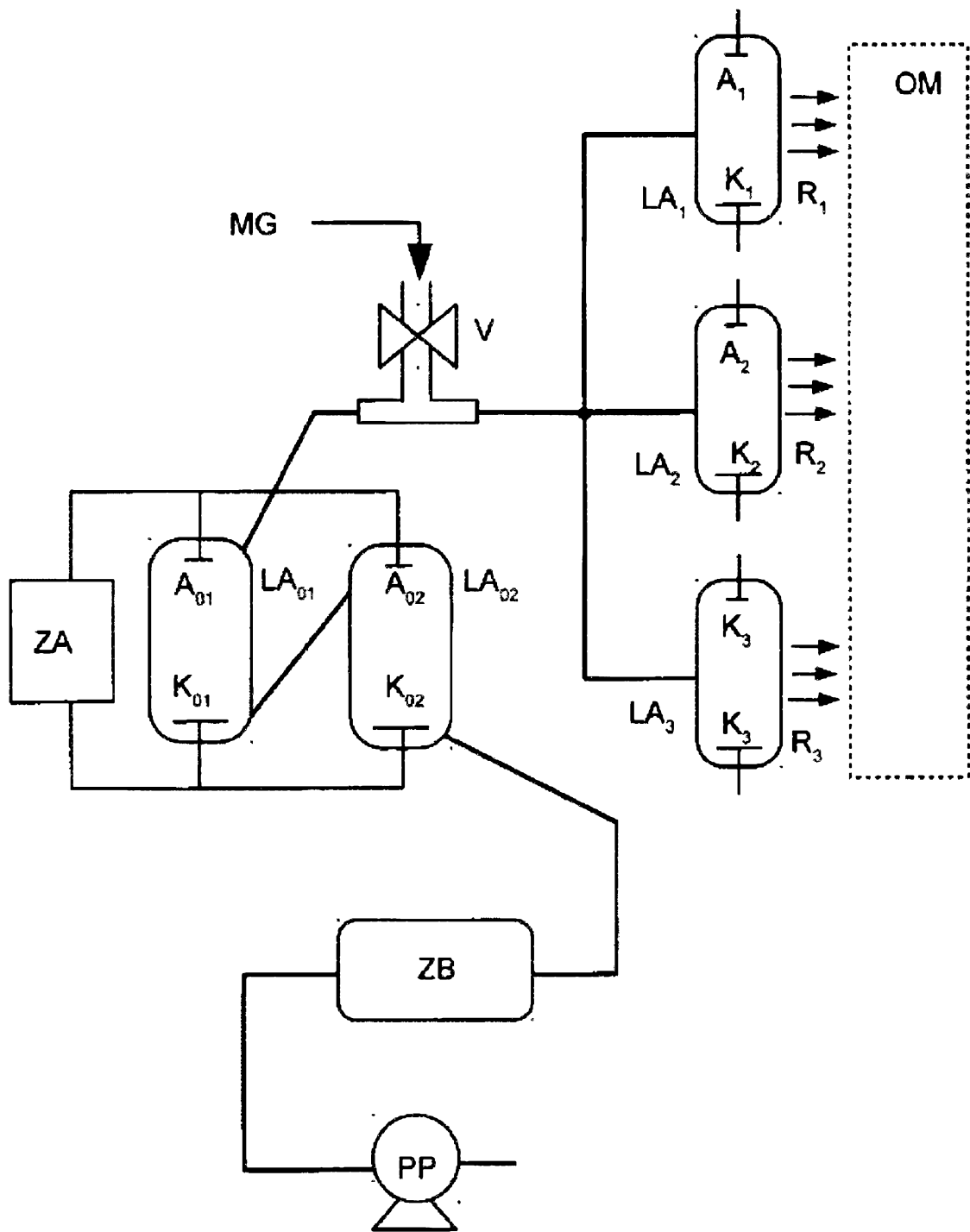


Fig. 2

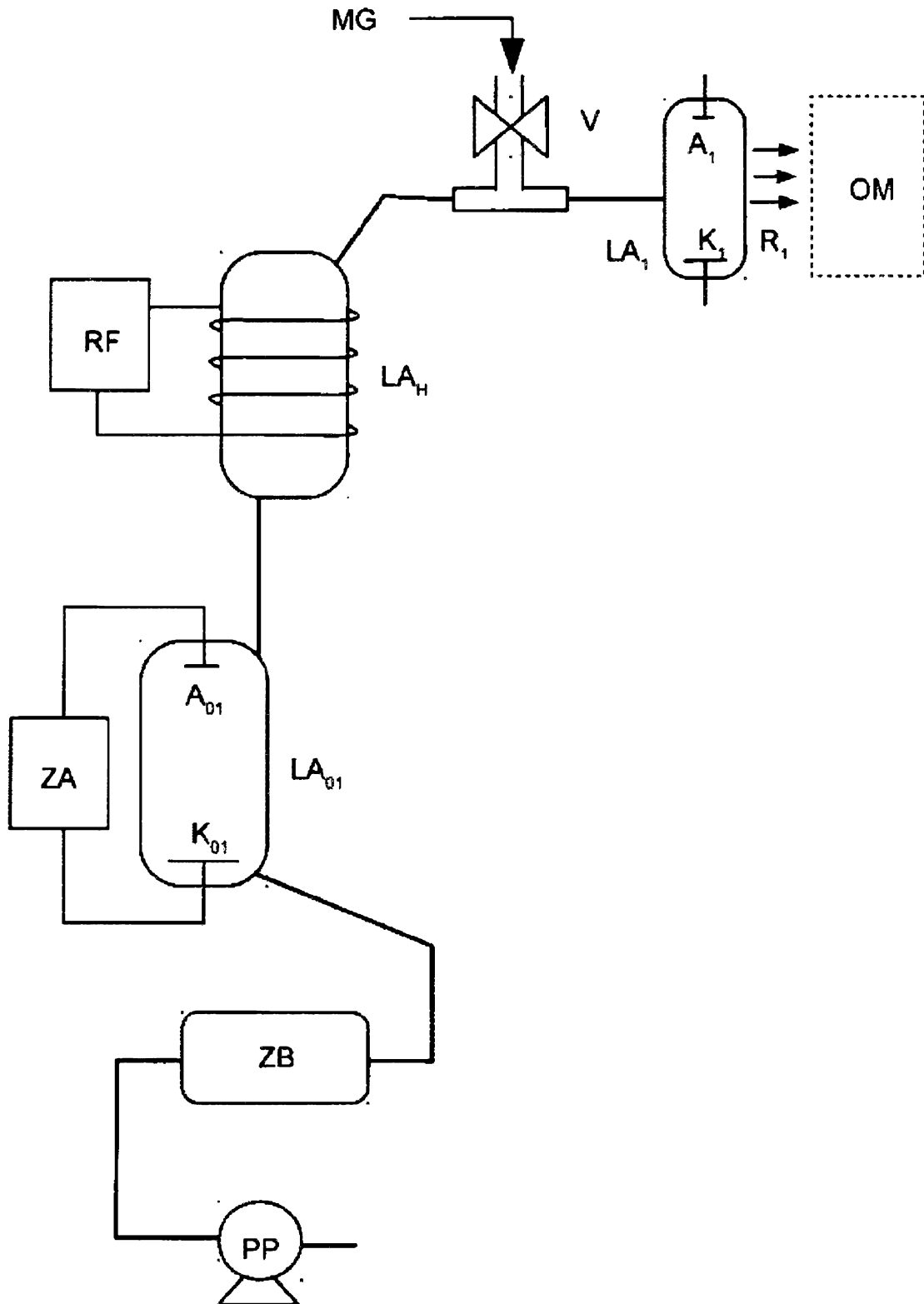


Fig. 3

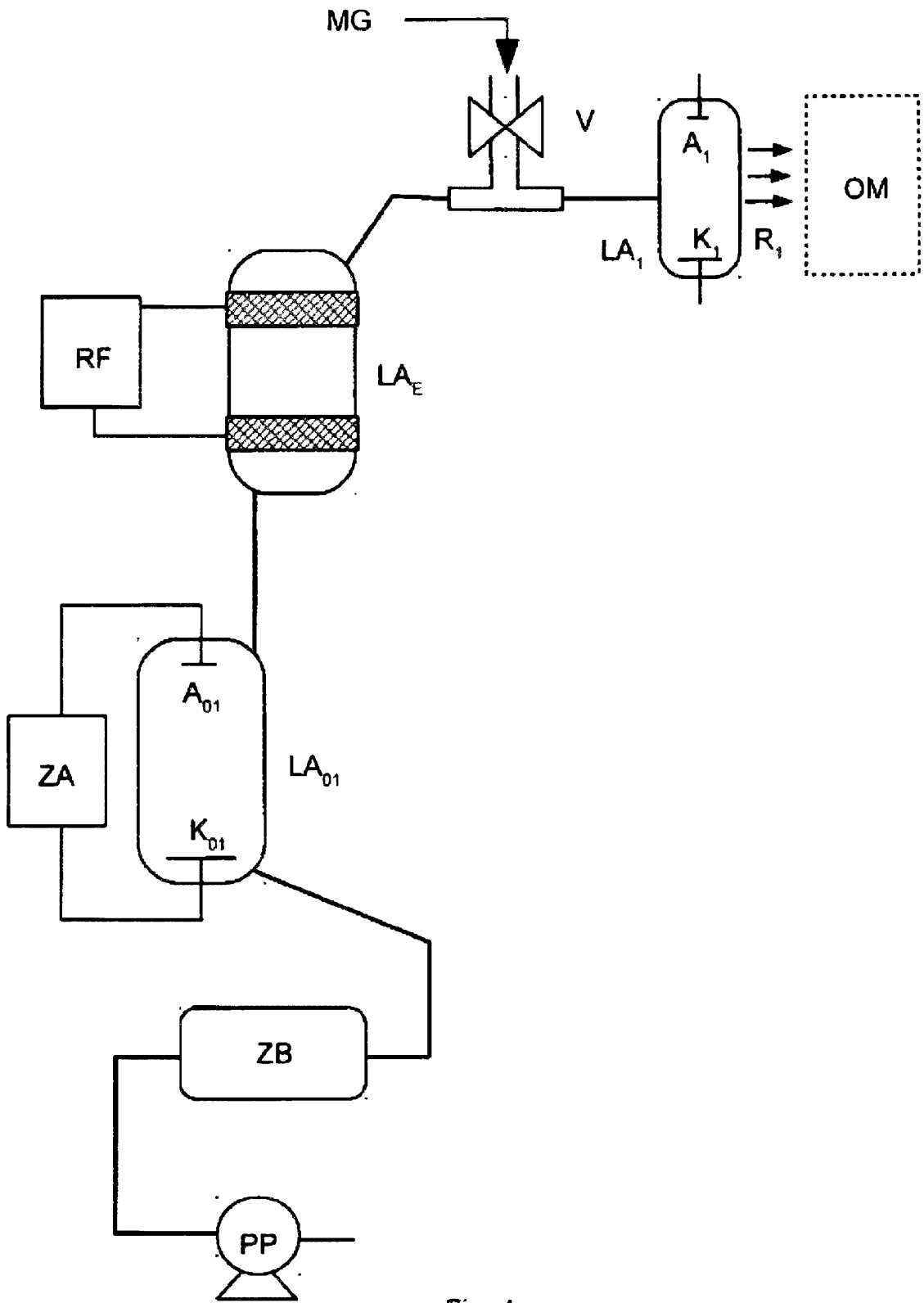


Fig. 4