

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240447**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428969**

(51) Int.Cl.  
**A23L 3/26 (2006.01)**

(22) Data zgłoszenia: **19.02.2019**

(54) **Reaktor plazmy nietermicznej wyładowań barierowych do dezynfekcji  
i/lub sterylizacji produktów organicznych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**24.08.2020 BUP 18/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**04.04.2022 WUP 14/22**

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA BYDGOSKA IM. JANA  
I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH, Bydgoszcz, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**JAN MUĆKO, Maksymilianowo, PL  
DARIUSZ PAŃKA, Olimpin, PL  
PIOTR DOMANOWSKI, Solec Kujawski, PL  
SŁAWOMIR BUJNOWSKI, Samociążek, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Piotr Jankowski**

**PL 240447 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest reaktor plazmy nietermicznej wyładowań barierowych do dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych. W szczególności reaktor ten może być użyty do badań laboratoryjnych skuteczności dezynfekcji lub sterylizacji za pomocą plazmy nietermicznej, celem określenia parametrów przemysłowego procesu technologicznego obróbki materiałów organicznych.

Sposoby wykorzystania technologii plazmowych w przemyśle spożywczym i rolnictwie opisywane były wielokrotnie w literaturze, czego przykładem są liczne publikacje np.: N Misra et al, Cold Plasma in Food and Agriculture: Fundamentals and Applications, Elsevier 2016, L.C.O. Santos et al, Use of Cold Plasma To Inactivate Escherichia coli and Physicochemical Evaluation in Pumpkin Puree, Journal of Food Protection, 2018, doi:10.4315/0362-028X.JFP-18-136, Shashi K. et al, Effects of Cold Plasma on Food Quality: A Review, Center for Crops Utilization Research, Iowa State University, 2018., Stryczewska FI.: 2011. Technologie zimnej plazmy. Wytwarzanie, modelowanie, zastosowania. Elektryka 217:41–61, L. Flan et al, Mechanisms of Inactivation by Fligh-Voltage Atmospheric Cold Plasma Differ for Escherichia coli and Staphylococcus aureus, Applied and Environmental Microbiology, 2016, doi: 10.1128/AEM.02660-15, lecz przedstawiano tam ogólne zasady generowania plazmy wyładowań barierowych, z pominięciem szczegółów budowy reaktorów.

Znane są również konstrukcje reaktorów plazmy nietermicznej służące do sterylizacji produktów organicznych lub sterylizacji sprzętu medycznego.

Z patentu PL.230798 znana jest ruchoma wieloigłowa elektroda górna o wysokim potencjale elektrycznym, która może przemieszczać się jedynie w kierunku pionowym, a dezynfekowany lub sterylizowany materiał pozostaje nieruchomy. Moc wyładowania ograniczona jest do około 350 W. Korzystnie jest, aby pod elektrodą górną znajdował się dielektryk, a na obudowie znajdowało się co najmniej jedno ogniwo Peltiera.

Z patentu PL.225217 znany jest proces obróbki za pomocą urządzenia opisanego w patencie PL.230798, przy czym czas trwania obróbki plazmą niskotemperaturową jest rzędu kilku minut.

Z patentu DE. 102009025864 znany jest sposób i urządzenie do sterylizacji żywności i przypraw za pomocą plazmy niskotemperaturowej. W opisie tego urządzenia nie ma wielu istotnych informacji dotyczących szczegółów konstrukcyjnych jego budowy np.: budowy i kształtu elektrod, budowy komory wyładowczej (reaktora), wartości napięć, częstotliwości i mocy.

Znane są urządzenia do sterylizacji sprzętu medycznego wykorzystujące plazmę nietermiczną, w których czas działania plazmy wynosi od kilkudziesięciu minut do kilku godzin przy stosunkowo małej mocy wyładowań. Dezynfekowany lub sterylizowany materiał pozostaje nieruchomy.

W przypadku urządzeń do sterylizacji sprzętu medycznego producenci nie podają mocy wyładowania, lecz moc pobieraną przez całe urządzenie.

Obróbka przemysłowa organicznych produktów spożywczych oraz nasion wymaga przyspieszenia procesu zmniejszania mikroflory, tj. zmniejszenia czasu oddziaływania plazmy oraz zwiększenia mocy wyładowań. Jednocześnie przekazywana dawka energii nie powinna niszczyć poddanego obróbce materiału. W tym celu opracowano nowe konstrukcje reaktora plazmy nietermicznej wyładowań barierowych do dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych.

Istotą rozwiązania według wynalazku jest konstrukcja reaktora plazmy nietermicznej wyładowań barierowych, przeznaczonego do dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych, który składa się z komory wyładowczej, w której elektrody usytuowane są naprzeciwległe, górna i dolna, pomiędzy którymi umieszczany jest poddawany obróbce materiał, przy czym elektroda górna – to elektroda wysokiego napięcia przemiennego, która usytuowana jest w dielektrycznym uchwycie z regulacją położenia w pionie, zaś poniżej usytuowana jest elektroda dolna, uziemiona z mechanizmem posuwu, na której usytuowany jest materiał, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą a materiałem i dolną elektrodą jest regulowana i wynosi 1–15 mm.

Reaktor według wynalazku składa się z podstawy 1, na której usytuowana jest komora wyładowcza złożona ze szczelnej obudowy 2, przeznaczonej do pracy w środowisku gazowym pod zmiennym ciśnieniem, lub opcjonalnie z obudowy 3, nieszczelnej, przeznaczonej do pracy pod ciśnieniem atmosferycznym i wyposażonej w wyciąg wentylacyjny 4, przy czym w części górnej komory 3, usytuowany jest dielektryczny uchwyt 11, którego położenie regulowane jest w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z górną elektrodą 5 wysokiego napięcia przemiennego HV, która składa się z co najmniej jednej rurki 6 ze szkła lub ceramiki, wypełnionej substancją 7, przewodzącą prąd elektryczny.

Poniżej górnej elektrody 5 usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda 12, na której usytuowany jest materiał 18, poddawany obróbce, przy czym dolna elektroda ma postać wózka transportowego 12 z mechanizmem posuwu 13, wzdłuż komory 3, w płaszczyźnie poziomej, lub w postaci metalowej płyty 14, usytuowanej po dielektrycznym transporterem taśmowym 15, lub w postaci przewodzącego prąd transportera taśmowego 15 lub wibracyjnego 16, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą, wynosi 1–15 mm.

Sposób dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych wg wynalazku polega na tym, że materiał obrabiany za pomocą wózka przesuwany jest pod co najmniej jedną nieruchomą lub obrotową elektrodą HV, jednorazowo lub wielokrotnie korzystnie ruchem posuwisto-zwrotnym o zadanej liczbie cykli fig. 1–4.

W innej odmianie materiał transportowany jest za pomocą transportera taśmowego lub wibracyjnego fig. 5–8.

Regulacja intensywności obróbki plazmowej materiału organicznego odbywa się poprzez regulacje mocy za pomocą modulacji: gęstości (PDM) lub częstotliwości (PFM) lub amplitudy (PAM) lub wypełnienia (PWM) impulsów elektrycznych wysokiego napięcia lub jednoczesnym stosowaniu wymienionych metod, przy jednoczesnej regulacji odległości między elektrodami, szybkości przesuwu poddanego obróbce materiału oraz ilości cykli obróbki.

Sposób zapewnia równomierność obróbki w szerokim zakresie regulacji mocy oraz energii, zwiększając precyzję dawkowania energii.

Wytwarzany w komorze wyładowczej ozon wykorzystany jest do innych procesów obróbki, np. do wstępnej sterylizacji/dezynfekcji podczas procesu suszenia poddanego obróbce materiału. Ozon z komory wyładowczej transportowany jest za pomocą wyciągu 4, do innych urządzeń np. komory suszącej przygotowującej wstępnie proces obróbki.

Reaktory mają moc w zakresie 0–20 W na każdy centymetr sumarycznej długości elektrod HV (np. do ok. 1000 W przy sumarycznej długości elektrod HV równej 50 cm), napięciu między elektrodami od kilku do około 30 kV i częstotliwości tego napięcia w granicach od kilku do około 100 kHz. Obróbka materiału w reaktorze polega na umieszczeniu próbki obrabianego materiału 18 na powierzchni wózka transportowego 12, ustawieniu wysokości elektrod wyładowczych 5 za pomocą pokrętła uchwytu 11 w zakresie 1–15 mm. Następnie za pomocą elementów sterujących jazdą wózka i mocą generatora zadaje się prędkość jazdy wózka, liczbę przejazdów, moc generatora, a następnie uruchamia się wózek i generator. Układ sterowania rejestruje parametry procesu oraz oblicza energię dostarczoną do badanej próbki. Po zakończonym procesie obrabiany materiał poddaje się badaniom mikrobiologicznym. Wyniki badań mikrobiologicznych porównuje się z wynikami badań materiału nie obrabianego. Testy te powtarza się dla różnych nastaw parametrów procesu obróbki celem znalezienia parametrów optymalnych ze względu na przyjęte kryteria ograniczania patogenów.

Przedmiot wynalazku przedstawiony został na załączonych rysunkach Fig. 1–8, na których przedstawiono przykłady realizacji reaktora plazmy nietermicznej wyładowań barierowych do dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych.

Fig. 1. Reaktor plazmy z obudową szczelną w widoku z czołowym.

Fig. 2. Reaktor plazmy z obudową szczelną w widoku z boku.

Fig. 3. Reaktor plazmy w odmianie 2 z obudową nieszczelną w widoku czołowym.

Fig. 4. Reaktor plazmy w odmianie 2 z obudową nieszczelną w widoku z boku.

Fig. 5. Reaktor plazmy w odmianie 3, z metalową płytą pod transporterem w widoku czołowym.

Fig. 6. Reaktor plazmy w odmianie 3, w widoku z boku.

Fig. 7. Reaktor plazmy w odmianie 4, z transporterem wibracyjnym w widoku czołowym.

Fig. 8. Reaktor plazmy w odmianie 4, w widoku z boku.

P r z y k ł a d 1

Reaktor składa się z podstawy 1, na której usytuowana jest komora wyładowcza w obudowie 2, zamkniętej, szczelnej, do pracy pod zmiennym ciśnieniem, w środowisku gazowym, przy czym w części górnej komory 2 usytuowany jest dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, wysokiego napięcia przemiennego HV, poniżej której usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda 12, na której usytuowany jest materiał 18, przy czym dolna elektroda ma postać wózka transportowego z mechanizmem posuwu 13, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą 12 z materiałem 18 wynosi 15 mm.

#### Przykład 2

Komora wyładowcza w obudowie 3 nieszczelnej, przeznaczona do pracy pod ciśnieniem atmosferycznym, wyposażona w wyciąg wentylacyjny 4, przy czym w części górnej komory 3 usytuowany jest dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, wysokiego napięcia przemiennego HV w postaci trzech rurek 6 ze szkła, wypełnionych substancją 7 przewodzącą prąd elektryczny, poniżej której usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda 12 na której usytuowany jest materiał 18, przy czym dolna elektroda ma postać wózka transportowego z mechanizmem posuwu 13, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą 12 z materiałem 18 wynosi 1 mm.

#### Przykład 3

Komora wyładowcza w obudowie 3 nieszczelnej, ma w części górnej dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, wysokiego napięcia przemiennego HV, w postaci dwóch rurek 6 z ceramiki, wypełnionych substancją 7 przewodzącą prąd elektryczny, poniżej której usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda w postaci płyty 14, usytuowanej pod dielektrycznym transporterem taśmowym 15, na którym znajduje się materiał 18, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą wynosi 12 mm.

#### Przykład 4

Reaktor składa się z podstawy 1, na której usytuowana jest komora wyładowcza w obudowie 3 nieszczelnej, która ma wyciąg wentylacyjny 4, oraz w części górnej dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, która składa się z jednej rurki 6 z ceramiki, wypełnionej substancją przewodzącą prąd elektryczny wysokiego napięcia przemiennego HV, poniżej której usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda, na której usytuowany jest materiał 18, przy czym dolna elektroda ma postać przewodzącego prąd transportera taśmowego 15, a odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą z materiałem 18 wynosi 10 mm.

#### Przykład 5

Reaktor składa się z podstawy 1, na której usytuowana jest komora wyładowcza w obudowie 3 nieszczelnej, która ma w części górnej dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, wysokiego napięcia przemiennego HV, w postaci dwóch rurek 6 z ceramiki, wypełnionych substancją 7, przewodzącą prąd elektryczny, poniżej której usytuowana jest dolna uziemiona metalowa elektroda w postaci przewodzącego prąd transportera wibracyjnego 16, na której usytuowany jest materiał 18, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą z materiałem 18 wynosi 5 mm.

## Zastrzeżenia patentowe

1. Reaktor plazmy nietermicznej wyładowań barierowych do dezynfekcji i/lub sterylizacji produktów organicznych, **znamienny tym**, że składa się z podstawy 1, na której usytuowana jest komora wyładowcza w postaci obudowy 2, szczelnej lub nieszczelnej 3, przy czym w części górnej komory usytuowany jest dielektryczny uchwyt 11, regulowany w płaszczyźnie pionowej, w którym usytuowany jest wspornik izolacyjny 10 z elektrodą 5, wysokiego napięcia przemiennego HV, która składa się z co najmniej jednej rurki 6 ze szkła, ceramiki lub silikonu, wypełnionej substancją 7, przewodzącą prąd elektryczny, poniżej której usytuowana jest dolna elektroda 12, w postaci wózka transportowego z mechanizmem posuwu 13, przy czym odległość pomiędzy górną elektrodą 5 a dolną elektrodą 12, wynosi 1–15 mm.
2. Reaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że dolna elektroda ma postać metalowej płyty 14, usytuowanej pod dielektrycznym transporterem taśmowym 15.
3. Reaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że dolna elektroda ma postać transportera 15, przewodzącego prąd.
4. Reaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że dolna elektroda ma postać metalowego, przewodzącego prąd transportera wibracyjnego 16.
5. Reaktor według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że materiał izolacyjny w postaci rurki szklanej, ceramicznej lub silikonowej 6, wysunięty jest poza części przewodzące elektrod 7 na odległość  $\geq 1$  mm.

Rysunki

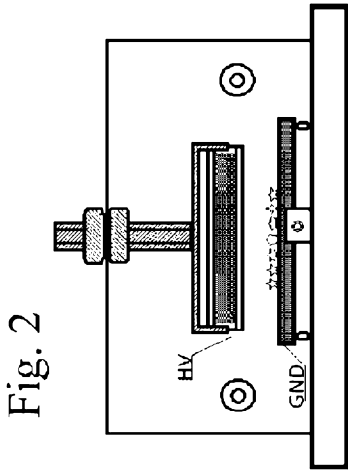


Fig. 2

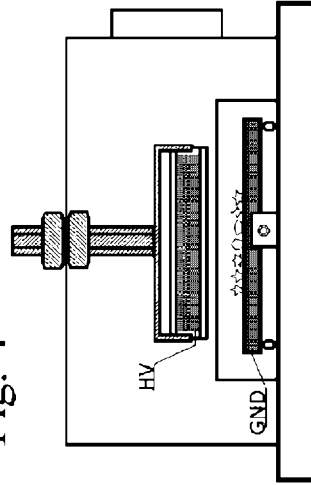


Fig. 4

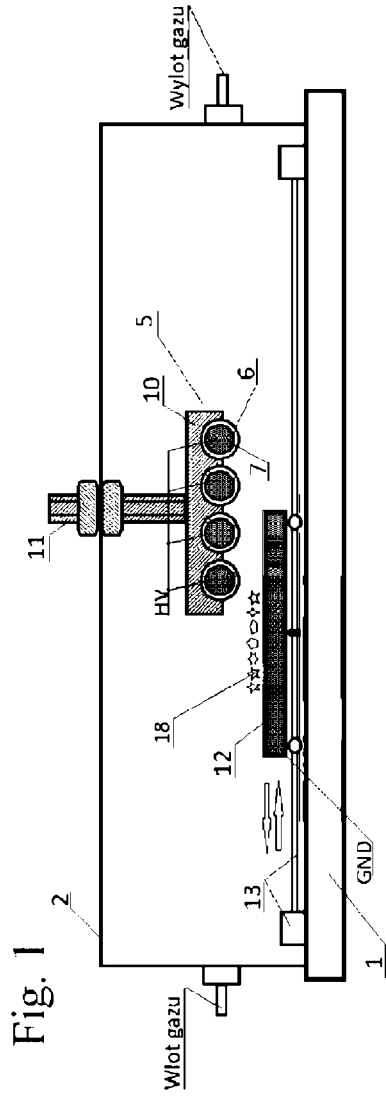


Fig. 1

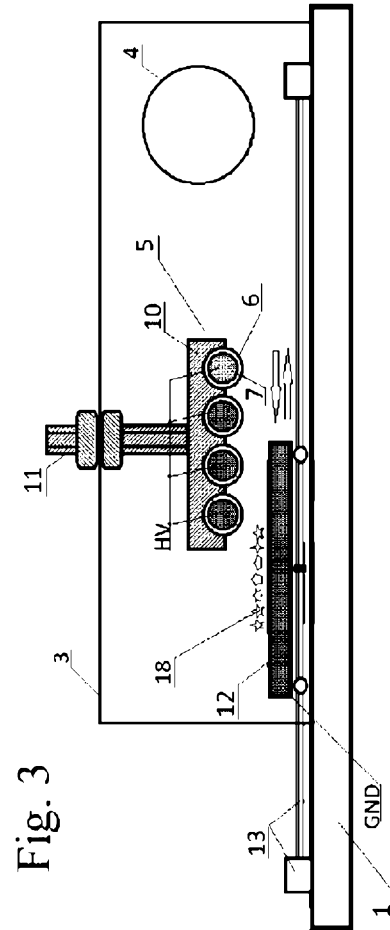


Fig. 3

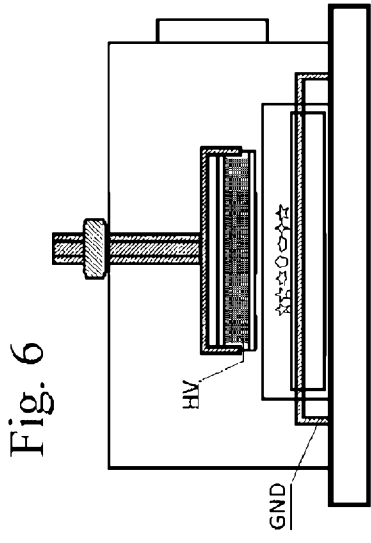


Fig. 6

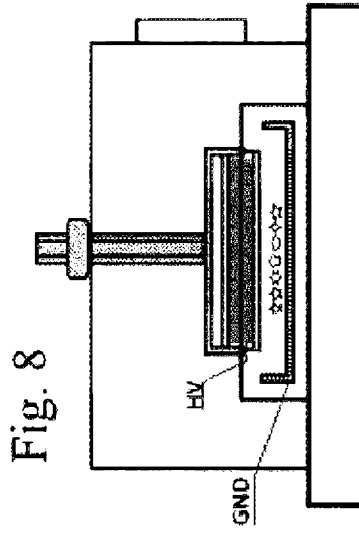


Fig. 8

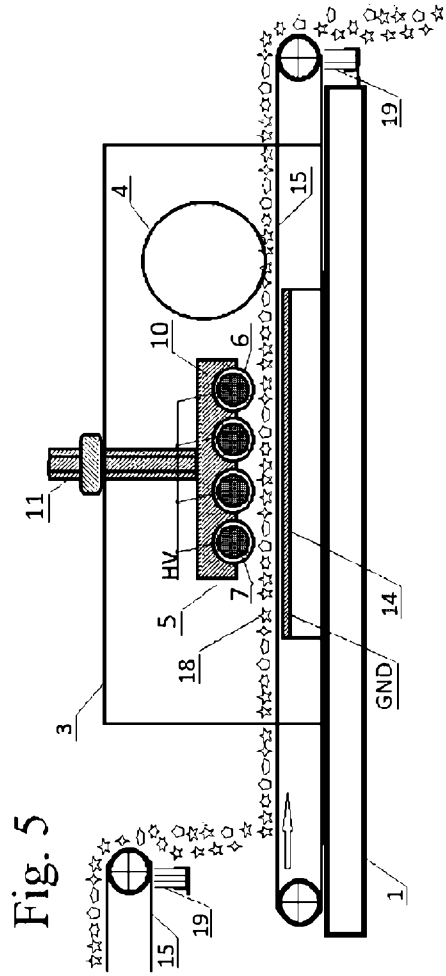


Fig. 5

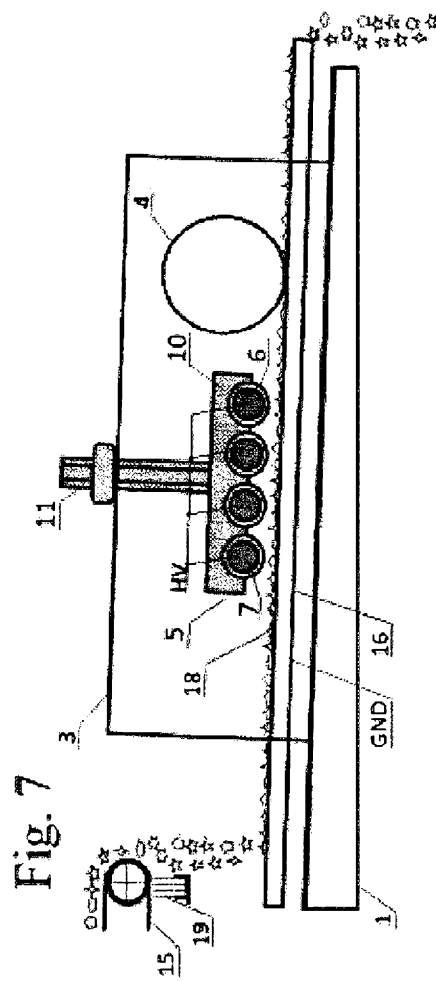


Fig. 7