

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **226367**
(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **413877**

(22) Data zgłoszenia: **09.09.2015**

(51) Int.Cl.
A61L 2/14 (2006.01)
H05H 1/24 (2006.01)

(54) **Sposób i urządzenie do generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
29.02.2016 BUP 05/16

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
31.07.2017 WUP 07/17

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA LUBELSKA, Lublin, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
JAROSŁAW DIATCZYK, Lublin, PL
JOANNA PAWŁAT, Zemborzyce Podleśne, PL
HENRYKA DANUTA STRYCZEWSKA,
Lublin, PL
PIOTR TEREKUN, Lublin, PL
MICHAŁ KWIATKOWSKI, Sosnowica Dwór, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Tomasz Milczek

PL 226367 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób i urządzenie do generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej do zastosowań biomedycznych.

Dotychczas znane są i stosowane rozwiązania polegające na wykorzystaniu reaktorów z łukowym lub barierowym wyładowaniem elektrycznym, pracujących przy ciśnieniu atmosferycznym. Przy wyładowaniu barierowym najczęściej wykorzystuje się elektrody płaskie bądź cylindryczne. Podstawowe konfiguracje elektrod, stosowane przy wyładowaniu barierowym przedstawiono w pracy „*Cold atmospheric plasma: Sources, processes, and applications*” autorów L. Bárdos, H. Baránková w *Thin Solid Films*, vol 518, Issue 23, 30, 2010, str. 6705–6713. W reaktorach z wyładowaniem barierowym warstwa dielektryka umiejscowiona jest na elektrodzie wysokiego napięcia, na obydwu elektrodach bądź też w szczelinie pomiędzy nimi. Używa także się kilku zmodyfikowanych wariantów, wykonanych w układzie cylindrycznym z materiałów dielektrycznych takich jak ceramika, szkło, polimer, materiały porowate nieprzewodzące. Konfiguracja opracowana przez M. Laroussi oraz X. Lu i przedstawiona w artykule „*Room-temperature atmospheric pressure plasma plume for biomedical applications*” w *Applied Physics Letters* 87/2005, 113902, różni się od pozostałych reaktorów z wyładowaniem barierowym tym, że elektrody pierścieniowe zostały przymocowane do dwóch centralnie perforowanych tarczy dielektryka. Otwory w tarczach mają około 3 mm średnicy, a same tarcze są oddalone o około 5 mm. Taka konfiguracja pozwala na uzyskanie strumienia plazmy o długości 5 kilku cm. W reaktorach, które nie posiadają nawiniętych uziemionych elektrod pierścieniowych, rolę elektrody pełni tu obiekt poddany działaniu plazmy opisany przez Qing Li, a, Jiang-Tao Li, Wen-Chao Zhu, Xi-Ming Zhu, Yi-Kang Pu w pracy „*Effects of gas flow rate on the length of atmospheric pressure nonequilibrium plasma jets*” opublikowanej w *Applied Physics Letters* 95/2009, str. 1–2. Elektrody wysokiego napięcia nie są izolowane a rura dielektryczna bierze udział jedynie w ukierunkowaniu strumienia plazmy. Inne rozwiązania konstrukcyjne reaktorów z wyładowaniem barierowym is przedstawiono w pracy Lu X., Laroussi M., Puech V. „*On atmospheric-pressure non-equilibrium plasma jets and plasma bullets*” opublikowanej w *Plasma Sources Sci. Technol.* 21/2012, 034005 oraz w artykule Nehra V., Kumar A., Dwivedi H. K. „*Atmospheric non-thermal plasma sources*” opublikowanym w *International Journal of Engineering* 02/2008.

Cechą wspólną powyższych rozwiązań jest wysoka temperatura gazu procesowego – plazmy na wyjściu urządzenia, uniemożliwiająca wykorzystanie reaktorów do aplikacji biomedycznych.

Istotą sposobu generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej do zastosowań biomedycznych jest to, że przez rurę ceramiczną umieszczoną w wewnętrznej obudowie dielektrycznej owiniętej ekranem i znajdującej się w zewnętrznej obudowie ceramicznej, podaje się gaz procesowy w postaci helu w zakresie przepływów od 400 ml/min do 500 ml/min pod ciśnieniem atmosferycznym. Dwie metalowe elektrody pierścieniowe umieszczone na powierzchni zewnętrznej rury ceramicznej, zasilane napięciem o amplitudzie w zakresie od 1,65 kV do 2,80 kV i częstotliwości od 8 kHz do 30 kHz.

Istotą urządzenia do generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej składającym się z rury ceramicznej oraz elektrod pierścieniowych jest to, że w zewnętrznej obudowie dielektrycznej umieszczona jest obudowa wewnętrzna ceramiczna, owinięta ekranem przewodzącym połączonym z przewodem ochronnym. Wewnątrz wewnętrznej obudowy znajduje się rura ceramiczna, z dwoma nałożonymi na nią metalowymi elektrodami pierścieniowymi, pomiędzy którymi znajduje się dystansownik z materiału dielektrycznego. Do pierwszej elektrody pierścieniowej podłączony jest przewód wysokiego napięcia, natomiast do drugiej elektrody pierścieniowej podłączony jest przewód neutralny.

Korzystnym skutkiem wynalazku jest obniżenie temperatury generowanej plazmy do poziomu, który pozwala wykorzystać ją do bezpośredniej obróbki materiałów biologicznych.

Urządzenie według wynalazku zostało przedstawione w przykładzie wykonania na schematycznym rysunku w przekroju wzdłużnym.

P r z y k ł a d 1. Dwie metalowe elektrody pierścieniowe 2 i 4 nałożone na rurę ceramiczną 1 zasilane były napięciem o amplitudzie 1,65 kV i częstotliwości 16,57 kHz. Przez rurę ceramiczną 1 tłoczono gaz procesowy w postaci helu z prędkością przepływu 500 ml/min. Uzyskana temperatura plazmy w odległości 15 mm od dyszy wylotowej wynosiła 36°C.

P r z y k ł a d 2. Dwie metalowe elektrody pierścieniowe 2 i 4 nałożone na rurę ceramiczną 1 zasilane były napięciem o amplitudzie 2,80 kV i częstotliwości 20,05 kHz. Przez rurę, ceramiczną 1,

tloczono gaz procesowy w postaci helu z prędkością przepływu 500 ml/min. Uzyskana temperatura plazmy w odległości 15 mm od dyszy wylotowej wynosiła 52°C.

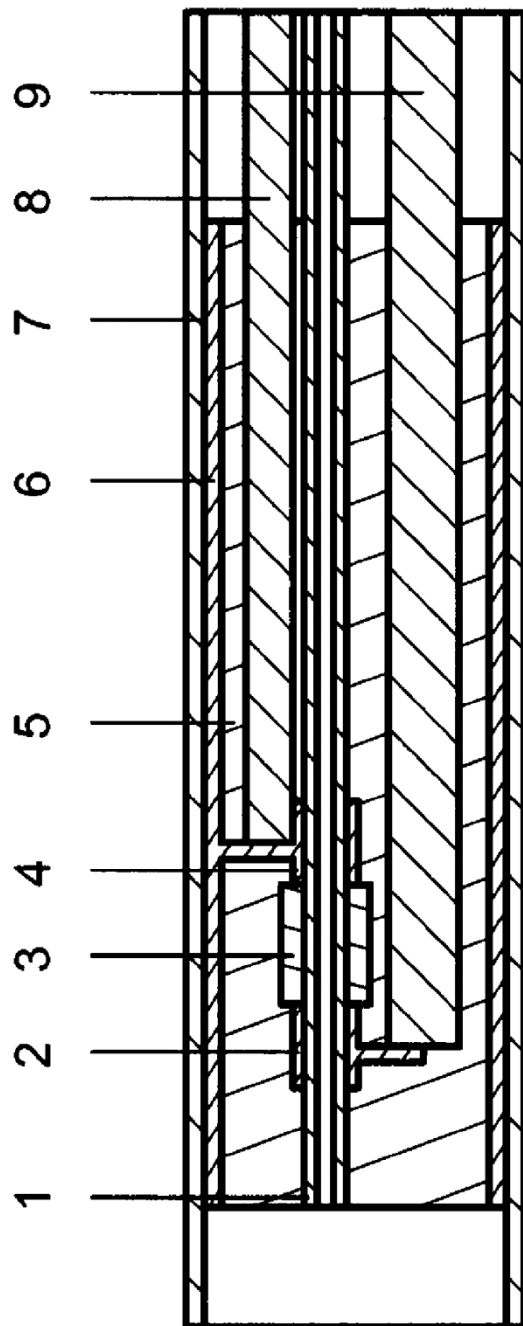
P r z y k ł a d 3. Dwie metalowe elektrody pierścieniowe 2 i 4 nałożone na rurę ceramiczną 1 zasilane były napięciem o amplitudzie 2,48 kV i częstotliwości 16,57 kHz. Przez rurę ceramiczną 1, tłoczono gaz procesowy w postaci helu z prędkością przepływu 500 ml/min. Uzyskana temperatura plazmy w odległości 15 mm od dyszy wylotowej wynosiła 40°C.

P r z y k ł a d 4. Dwie metalowe elektrody pierścieniowe 2 i 4 nałożone 20 na rurę ceramiczną 1 zasilane były napięciem o amplitudzie 1,65 kV i częstotliwości 16,57 kHz. Przez rurę ceramiczną 1, tłoczono gaz procesowy w postaci helu z prędkością przepływu 400 ml/min. Uzyskana temperatura plazmy w odległości 15 mm od dyszy wylotowej wynosiła 41,4°C.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej do zastosowań biomedycznych, **znamienny tym**, że przez rurę ceramiczną (1) umieszczoną w wewnętrznej obudowie dielektrycznej (5) owiniętej ekranem (6) i znajdującej się w zewnętrznej obudowie ceramicznej (7), podaje się gaz procesowy w postaci helu w zakresie przepływów od 400 ml/min do 500 ml/min pod ciśnieniem atmosferycznym, zaś dwie metalowe elektrody pierścieniowe (2) i (4) umieszczone na powierzchni zewnętrznej rury ceramicznej (1), zasila się napięciem o amplitudzie w zakresie od 1,65 kV do 2,8 kV i częstotliwości od 8 kHz do 30 kHz.
2. Urządzenie do generacji nierównowagowej plazmy niskotemperaturowej do zastosowań biomedycznych składające się z rury ceramicznej oraz elektrod pierścieniowych, **znamiennie tym**, że w zewnętrznej obudowie dielektrycznej (7) umieszczona jest wewnętrzna obudowa ceramiczna (5), owinięta ekranem (6) przewodzącym połączonym z przewodem ochronnym, natomiast wewnątrz wewnętrznej obudowy (5) znajduje się rura ceramiczna (1), z dwoma nałożonymi na nią metalowymi elektrodami pierścieniowymi (2, 4), pomiędzy którymi znajduje się dystans (3) z materiału dielektrycznego, zaś do pierwszej elektrody pierścieniowej (2) podłączony jest przewód wysokiego napięcia (9), natomiast do drugiej elektrody pierścieniowej (4) podłączony jest przewód neutralny (8).

Rysunek



Wykaz oznaczeń

- 1 – rura ceramiczna
- 2 – elektroda pierścieniowa
- 3 – dystans
- 4 – elektroda pierścieniowa
- 5 – obudowa wewnętrzna
- 6 – ekran
- 7 – obudowa zewnętrzna
- 8 – przewód neutralny
- 9 – przewód wysokiego napięcia

