

(19)



NL Octrooi Centrum

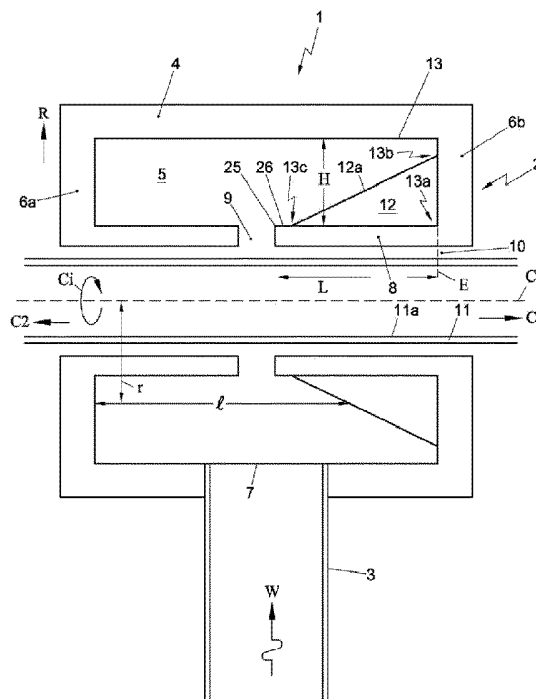
(11)

2007809

(12) C OCTROOI

(21) Aanvraagnummer: **2007809**(51) Int.Cl.:
C03B 37/018 (2006.01)(22) Aanvraag ingediend: **17.11.2011**(43) Aanvraag gepubliceerd:
-(47) Octrooi verleend:
21.05.2013(45) Octrooischrift uitgegeven:
29.05.2013(73) Octrooihouder(s):
Draka Comteq B.V. te Eindhoven.(72) Uitvinder(s):
**Mattheus Jacobus Nicolaas van Stralen
te Eindhoven.
Igor Milicevic te Eindhoven.
Johannes Antoon Hartsuiker te Eindhoven.**(74) Gemachtigde:
ir. C.M. Jansen c.s. te Den Haag.(54) **An apparatus for performing a plasma chemical vapour deposition process.**

(57) The invention relates to an apparatus for performing a plasma chemical vapour deposition process. The apparatus comprises a mainly cylindrical resonator being provided with an outer cylindrical wall enclosing a resonant cavity having a substantially rotational symmetric shape with respect to a cylindrical axis. The resonator further includes side wall portions bounding the resonant cavity in opposite cylindrical axis directions. In addition, the apparatus comprises a microwave guide extending through the outer cylindrical wall into the resonant cavity. The length of the resonant cavity in the cylindrical direction varies as a function of the radial distance to the cylindrical axis.



NL C 2007809

Dit octrooi is verleend ongeacht het bijgevoegde resultaat van het onderzoek naar de stand van de techniek en schriftelijke opinie. Het octrooischrift komt overeen met de oorspronkelijk ingediende stukken.

Title: An apparatus for performing a plasma chemical vapour deposition process

The invention relates to an apparatus for performing a plasma chemical vapour deposition process, comprising a mainly cylindrical resonator being provided with an outer cylindrical wall enclosing a resonant cavity having a substantially rotational symmetric shape with respect to a cylindrical axis, the resonator further being provided with side wall portions bounding the resonant cavity in opposite cylindrical axis directions, wherein the apparatus further comprises a microwave guide having an end extending through the outer cylindrical wall into the resonant cavity.

European patent publication EP 1 867 610 in the name of Draka Comteq B.V. discloses such an apparatus for manufacturing an optical fiber.

When applying high power microwave applicators for long lasting processes, problems may arise in terms of load matching due to internal reflections and sensitivity to arcing. If the load is not matched, the whole configuration may become too hot. Then, part of the microwave power may not reach the plasma. Additionally, other equipment, like an autotuner, may also become too hot, leading to malfunctioning or even breakage. Further, if the resonator, also called applicator, is sensitive to arcing, the applicator can not be used properly. During use, damage will then occur at some spots. The arcing process consumes a lot of power, which means that the plasma itself can fade or even switch off temporarily, which has negative consequences for any product that is made by the plasma process.

Related to the load matching issue, it is noted that radial inner rings bounding the cavity in radial directions are in practice too thin to apply a water cooling arrangement therein for cooling the rings.

It is an object of the invention to provide an apparatus according to the preamble, wherein the load matching is improved while the sensitivity to arcing is not increased. Thereto, according to the invention, the length of

the resonant cavity in the cylindrical direction varies as a function of the radial distance to the cylindrical axis.

The invention is partly based on the insight that the cavity geometry can be amended to improve the load matching while
5 simultaneously avoiding the occurrence of sharp edges that may induce arcing. By varying the length of the resonant cavity in the cylindrical direction, also mentioned the width of the cavity, as a function of the radial distance to the cylindrical axis, an improved load match can be obtained, while configuration enabling the electromagnetic coupling between the
10 microwave guide and the resonator can be maintained. According to an aspect of the invention, the shape of the cavity is thus amended without introducing additional sharp edges to improve matching and to eliminate any further chance of arcing.

In a particular advantageous embodiment, the resonant cavity is in
15 a cylindrical direction at least partially bounded by the surface of a cone having a longitudinal axis substantially coinciding with the cylindrical axis of the resonator and being tapered towards the opposite side surface of the cavity, so that both the matching and the minimal arcing conditions are met.

20 Further advantageous embodiments according to the invention are described in the following claims.

By way of example only, embodiments of the present invention will now be described with reference to the accompanying figures in which

Fig. 1 shows a schematic cross sectional side view of a first
25 embodiment of an apparatus according to the invention;

Fig. 2a shows a schematic cross sectional side view of a second embodiment of an apparatus according to the invention;

Fig. 2b shows a schematic cross sectional side view of a third embodiment of an apparatus according to the invention;

Fig. 2c shows a schematic cross sectional side view of a fourth embodiment of an apparatus according to the invention;

Fig. 2d shows a schematic cross sectional side view of a fifth embodiment of an apparatus according to the invention; and

5 Fig. 2e shows a schematic cross sectional side view of a sixth embodiment of an apparatus according to the invention.

It is noted that the figures show merely preferred embodiments according to the invention. In the figures, the same reference numbers refer to equal or corresponding parts.

10 Figure 1 shows a schematic cross sectional side view of a first embodiment of an apparatus 1 according to the invention. The apparatus 1 comprises a mainly cylindrical resonator 2. The apparatus also comprises a microwave guide 3 for guiding microwaves to the resonator 2. The microwave guide 3 is preferably rectangular shaped so that an optimal
15 interface between the guide 3 and the resonator 2 can be made. The apparatus can be used for performing a plasma chemical vapour deposition process.

The resonator 2 is provided with an outer cylindrical wall 4 enclosing a resonant cavity 5. The cavity has a substantially rotational
20 symmetric shape with respect to a cylindrical axis C. The resonator 2 is further provided with side wall portions 6a,b bounding the resonant cavity 5 in opposite cylindrical axis directions C1, C2.

The microwave guide 3 has an end 7 extending through the outer cylindrical wall 4 into the resonant cavity 5. In the shown embodiment, the
25 resonator 2 further includes an inner cylindrical wall 8 bounding the resonance cavity 5 in a radial direction R towards the cylindrical axis C. In fact, the cavity 5 is thus annular shaped. The inner cylindrical wall 8 has a slit 9 extending in a circumferential direction Ci around the cylindrical axis C. By providing the slit 9, microwave energy may enter, from the resonance
30 cavity 5, into a tubular inner space 10 surrounded by the resonator 2.

In the shown embodiment, a substrate tube 11 has been inserted in the tubular inner space 10.

During operation of the apparatus, microwaves W generated by a microwave generator, such as a magnetron or klystron (not shown), are injected into a second end (also not shown) of the microwave guide 3, also called waveguide, and then guided through the waveguide 3 towards the resonator 2. It is noted that the microwaves may enter the waveguide 3 also in another manner, e.g. via an assembly of additional waveguides. In the resonance cavity 5 microwave energy accumulates and generates a plasma. The plasma partly enters the tubular inner space 10 for carrying out a plasma chemical vapour deposition (PCVD) process. By conditioning proper gas flows and reciprocating the resonator 2 over the length of the substrate tube 11, glass material is deposited on the inner surface 11a of the substrate tube 11, thereby providing a tube with multiple glass layers deposited on the inside. Such a tube can be contracted to form a solid preform or core rod, which can be further processed for manufacturing a glass fiber.

In order to reduce the sensitivity to arcing, sharp outer edges in the design of the resonator are avoided. A first outer edge is often encountered at the interface between the waveguide 3 and the cavity 5. In the shown embodiment, the width of the cavity, i.e. the internal distance along the cylindrical axis C, mainly equals the corresponding size of the waveguide 3, e.g. a standard measure of 3.4 inch, 86.38 mm, thereby avoiding one outer edge. The difference in width of the cavity 5 and the largest side of the waveguide 3 is preferably small, i.e. smaller than 10 mm, more preferably smaller than 5mm, and preferably smaller than 1 mm, especially when using power levels above 6 kW. The arcing effect of the other outer edge in the interface can be minimized by rounding the edge.

The output of the cylindrical resonator 2 is typically a slit 9, which in itself is a (radially) small radial waveguide. In principle, the slit 9 can be as wide as the cavity 5 itself or smaller, even down to a few millimeters. The

resonator slit 9 forms a radial waveguide extending between the cavity 5 and the inner side of the resonator 2, i.e. the tubular inner space 10.

The resonator 2 includes an annular element 12 defining at least partially a side surface of the cavity 5 in a cylindrical direction C1. In the shown embodiment, the annular element 12 is shaped as a (truncated) cone such that the cone surface 12a has a longitudinal axis substantially coinciding with the cylindrical axis C of the resonator 2 and being tapered towards the opposite side surface of the cavity 5, in the opposite cylindrical direction C2. In other words, the cone 12 is tapered towards the slit 9, so that an inner side surface of the cavity 5 is at least partially shaped as a cone surface. Apparently, the annular element 12 can also be located on the opposite side surface of the cavity 5.

By providing the annular element 12, the length l of the resonant cavity 5 in the cylindrical direction C1 varies as a function of the radial distance r to the cylindrical axis C. In particular, in a certain range of the radial distance r , the cylindrical length l of the cavity 5 increases as a function of increasing radial distance r with respect to the cylindrical axis C. The physical effect of the annular element is that the resonator can be more properly matched with the plasma while sharp edges in the cavity 5 can be avoided, thereby lowering the chance of arcing. Therefore, the surface 12a of the annular element 12 facing the cavity 5 is preferably smooth and the surface ends fit smoothly to the further inner surface of the cavity 5. Further, cooling properties of the resonator increase.

In the shown embodiment, the cavity 5 is basically rectangular shaped, in a cross sectional view, having a height H in the radial direction R and a length between the side wall surfaces in the cylindrical direction C1. The truncated cone 12 fits in a corner of the rectangle so that a right angle 13a of the cavity's inner surface 13 is replaced by two obtuse angles 13b, c. Further, the cone's surface 12a is preferably flat, but may alternatively include smooth deviations, such as a corrugated area and/or curved sections.

The annular element 12 may be formed as a separate element that is located in the resonator 2. The annular element 12 can be fixedly attached to the resonator. Further, the annular element 12 can be integrally formed with further parts of the resonator 2, e.g. with a side wall portion 6 and/or
 5 with the inner cylindrical wall 8, to form the cavity 5.

In order not to hamper the introduction of plasma from the cavity 5 into the tubular inner space 10, the slit 9 is not covered by the annular element 12. In particular, the inner cylindrical wall 8 directly adjacent to the slit 9 forms part of the cavity's inner surface 13. In the shown
 10 embodiment, the radial inner surface of the cavity is substantially parallel to the cylindrical axis C in a region 26 adjacent to the slit 9 up to a certain distance. However, the inner facing surface 12a of the annular element 12 may extend up to the edge 25 of the slit 9.

Preferably, the annular element 12 fills a part of a volume bounded
 15 in the radial direction R between the inner cylindrical wall 8 and the outer cylindrical wall 4 and in a cylindrical direction C1 between a side wall portion 6b and the slit edge 25, wherein the volume part that is filled by the annular element 12 is in a range of circa 10% to circa 95%. In the shown
 20 embodiment, the annular element 12 is located at the right hand side of the slit edge 25 at the right hand side of the slit 9. The volume has in the cross sectional view a length L in the cylindrical direction C1 and a height H in the radial direction R. The annular element 12 is placed at the inner cylindrical wall 8 and the right hand side wall portion 6b.

If the annular element 12 would be designed to cover more than
 25 95% of said volume at the right or left to the slit, the incident microwaves W might be hindered. Otherwise, if the annular element 12 would be designed to cover less than 10% of said volume, the effect of the annular element 12 is minimal.

Advantageously, the side surface 13 of the cavity extends, at a
 30 longitudinal end E of the cavity 5, substantially perpendicular with respect

to the cylindrical axis C, preferably along a distance d of at least circa 1 mm, preferably near the outer cylindrical wall 4, so that the annular element 12 fits well in the resonator 2, and construction problems during the manufacturing process of the resonator 2 are counteracted.

5 The resonator may include further modules accommodating the components described above. Further, the cavity's inner surface is at least partly electrically conductive. Therefore, the walls are preferably made from metallic material such as steel.

10 Figures 2a-e show a schematic cross sectional side view of a second, third, fourth and fifth embodiment, respectively, of an apparatus according to the invention.

15 Figure 2a shows in a more simplified form a cavity's configuration that is almost similar to the apparatus shown in Fig. 1. The annular shaped cavity 5 is surrounded, when seen in a cross sectional view, by an outer cylindrical wall 4, two side wall portions 6a,b and an inner cylindrical wall 8 provided with a slit 9. Compared to the configuration shown in Fig. 1, the annular element 12 is now placed against the opposite side wall portion 6a.

20 In Fig. 2b, the annular element 12 occupies a smaller percentage of the volume bounded between the inner cylindrical wall 8, the outer cylindrical wall 4, a side wall portion 6a and the slit 9.

 Fig. 2c shows a cavity's configuration including a pair of annular elements 12a,b placed at opposite sides with respect to the slit 9.

25 In Fig. 2d and 2e, the resonator is provided without the inner cylindrical wall 8. Here, the annular elements 12 are formed as a pair of rounded rings 15a, b placed next to the opposite side wall portions 6a,b, see Fig. 2d, or as a single rounded ring 15c placed next to a side wall portion 6a, see Fig. 2e.

 The invention is not restricted to the embodiments described herein. It will be understood that many variants are possible.

It is noted that the annular element is preferably symmetric with respect to the cylindrical axis C of the resonator 2. However, in principle, the geometry might deviate, e.g. by providing an annular segment that does not entirely enclose the tubular inner space 10, but merely a circumferential
5 part thereof.

It is also noted that a specific shape of the annular element is not related to the aspect whether an inner cylindrical wall is applied, or not.

It is further noted that the annular element that is arranged in the resonator can be optimized for a specific application. Alternatively, the
10 resonator can be formed on a modular basis, so that a specific annular elements from a range of annular elements can be selected that is suitable for a specific use of the resonator, thereby rendering the apparatus configurable for a wide variety of applications.

Other such variants will be apparent for the person skilled in the
15 art and are considered to fall within the scope of the invention as defined in the following claims.

Conclusies

1. Apparaat voor het uitvoeren van een plasma chemisch damp
depositie proces, omvattende een in hoofdzaak cilindrische resonator die is
voorzien van een cilindrische buitenwand die een trilholt met een in
hoofdzaak rotatiesymmetrische vorm ten opzichte van een cilindrische as
5 omsluit, waarbij de resonator voorts is voorzien van zijwanddelen die de
trilholt in tegenovergelegen cilindrische as-richtingen begrenzen, waarbij
het apparaat voorts een microgolf-geleider omvat met een uiteinde dat zich
uitstrekt door de cilindrische buitenwand tot in de trilholt, en waarbij de
lengte van de trilholt in de cilindrische richting varieert als een functie van
10 de radiale afstand tot de cilindrische as.
2. Apparaat volgens conclusie 1, waarbij de resonator een ringvormig
element omvat dat tenminste gedeeltelijk een zij-oppervlak van de holt in
een cilindrische richting definieert.
3. Apparaat volgens conclusie 1 of 2, waarbij de trilholt in een
15 cilindrische richting tenminste gedeeltelijk is begrensd door het oppervlak
van een kegel met een longitudinale as die in hoofdzaak samenvalt met de
cilindrische as van de resonator, en die taps toeloopt naar het tegenover
gelegen zij-oppervlak van de holt.
4. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, waarbij, in een
20 bepaald bereik, de cilindrische lengte van de holt toeneemt als een functie
van toenemende radiale afstand ten opzichte van de cilindrische as.
5. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, waarbij de
resonator voorts is voorzien van een cilindrische binnenwand dat de
trilholt in een radiale richting naar de cilindrische as begrenst, en waarbij
25 de cilindrische binnenwand een gleuf heeft die zich in een omtreksrichting
rondom de cilindrische as uitstrekt.

6. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, waarbij het ringvormige element is geïntegreerd met een zijwanddeel en/of de cilindrische binnenwand van de resonator.
7. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, waarbij, bij een
5 longitudinaal uiteinde van de holte, het zij-oppervlak van de holte zich in hoofdzaak dwars uitstrekt ten opzichte van de cilindrische as, bij voorkeur langs een afstand van tenminste ongeveer 1 mm.
8. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, waarbij het
10 ringvormige element een deel van een volume vult dat is begrensd in de radiale richting tussen de cilindrische binnenwand en de cilindrische buitenwand, en in een cilindrische richting tussen een zijwanddeel en de sleuftrand, waarbij het volumedeel dat is gevuld door het ringvormige element in een bereik is tussen ongeveer 10% tot ongeveer 95%.
9. Apparaat volgens één der voorgaande conclusies, voorts omvattende
15 een microgolf-generator die is verbonden met een tweede uiteinde van de microgolf-geleider.

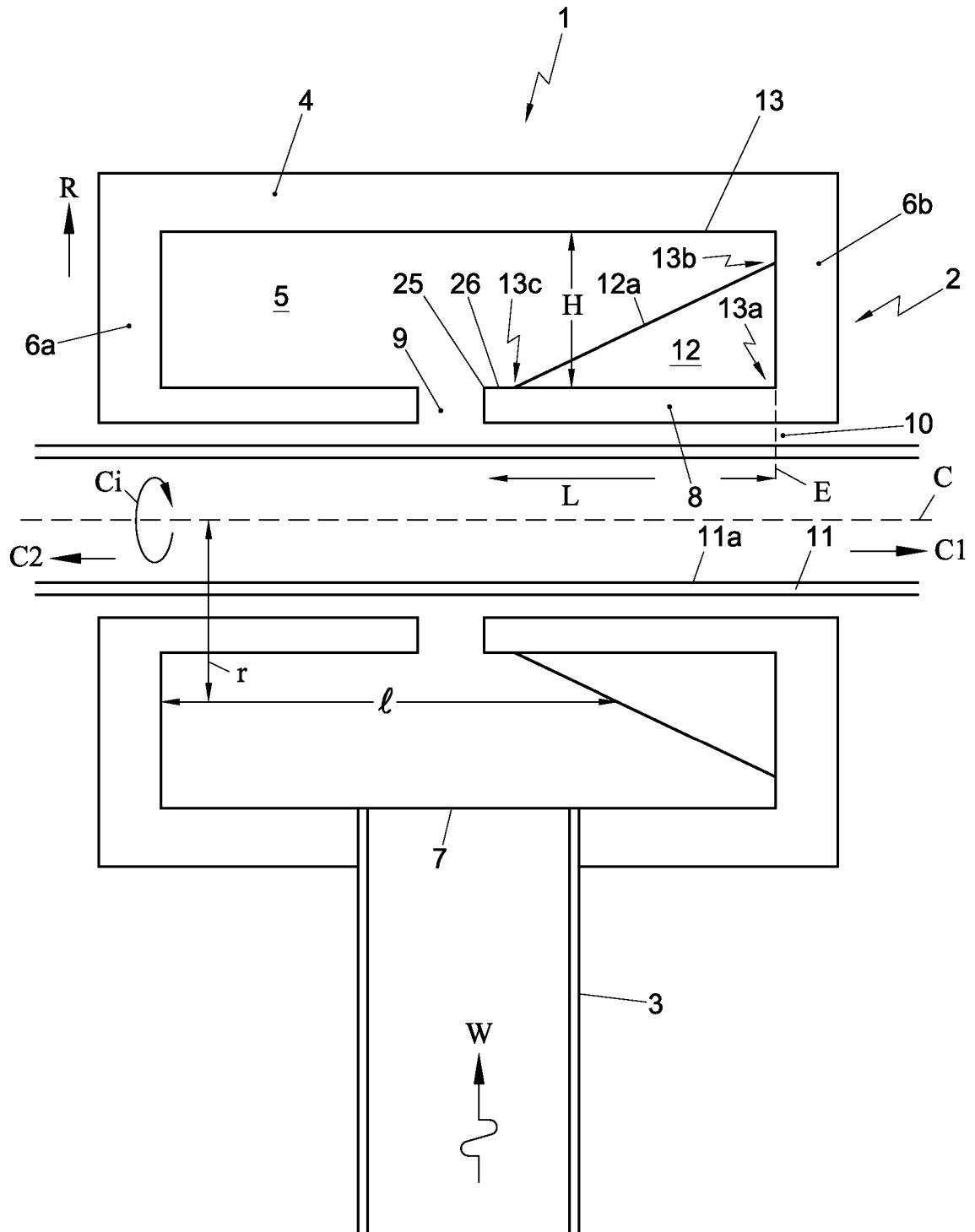


Fig. 1

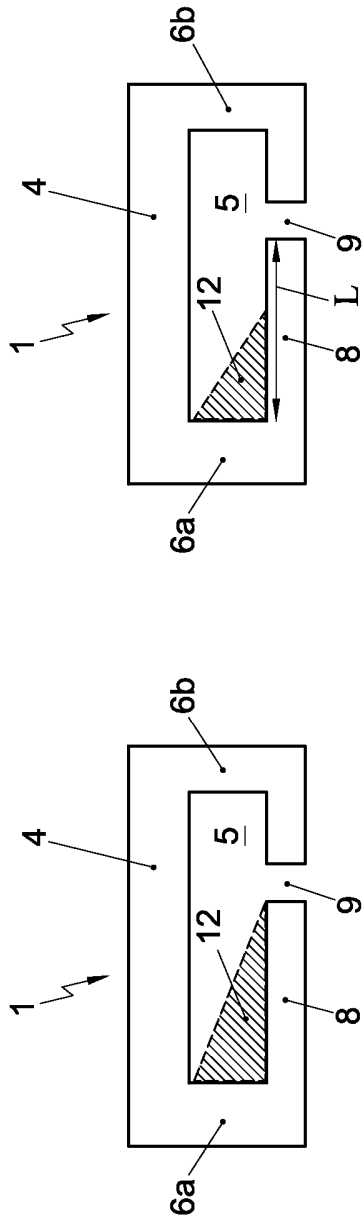


Fig. 2B

Fig. 2A

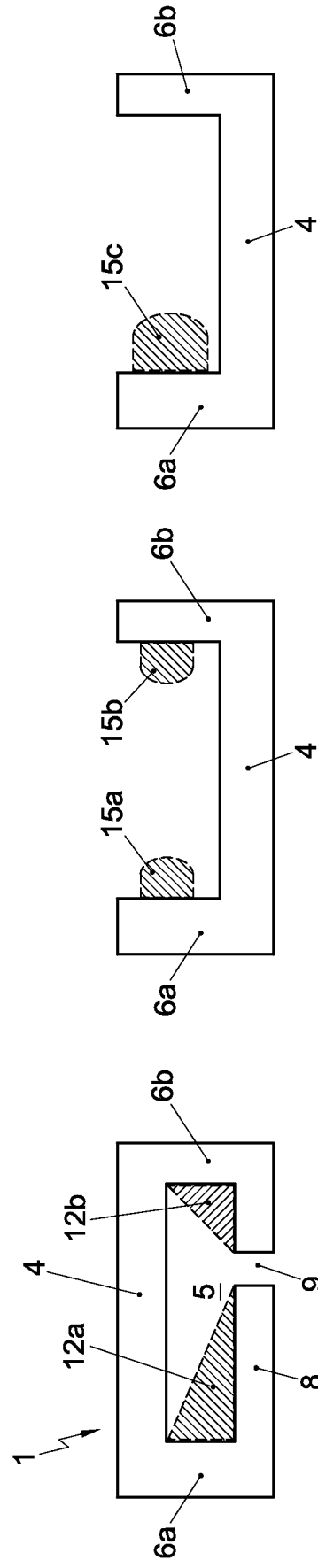


Fig. 2C

Fig. 2D

Fig. 2E



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

RAPPORT BETREFFENDE HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK
Octrooiaanvraag 2007809

Classificatie van het onderwerp ¹ : C03B37/018	Onderzochte gebieden van de techniek ¹ : C03B
Computerbestanden: EPODOC, WPI	Omvang van het onderzoek: Volledig
Datum van de onderzochte conclusies: 24 februari 2012	Niet onderzochte conclusies ² :

Van belang zijnde literatuur

Categorie ³	Vermelding van literatuur met aanduiding, voor zover nodig, van speciaal van belang zijnde tekstgedeelten of figuren.	Van belang voor conclusie(s) nr.:
A, D	EP 1867610 A (DRAKA COMTEQ), 19 december 2007 * par. [0008], [0009], [0015], [0016], [0024], figuur *	

A	US 6849307 B (BREULS ET AL), 1 februari 2005 * samenvatting, figuur *	

Datum waarop het onderzoek werd voltooid: 3 mei 2012		De bevoegde ambtenaar: Dr. M.W. de Lange NL Octrooiencentrum

>> Als het gaat om octrooien

¹ Gedefinieerd volgens International Patent Classification (IPC).

² Voor motivering zie toelichting in de schriftelijke opinie.

³ Verklaring van de categorie-aanduiding: zie apart blad.

Categorie van de vermelde literatuur:

- X: op zichzelf van bijzonder belang zijnde stand van de techniek
- Y: in samenhang met andere geciteerde literatuur van bijzonder belang zijnde stand van de techniek
- A: niet tot de categorie X of Y behorende van belang zijnde stand van de techniek
- O: verwijzend naar niet op schrift gestelde stand van de techniek
- P: literatuur gepubliceerd tussen voorrangs- en indieningsdatum
- T: niet tijdig gepubliceerde literatuur over theorie of principe ten grondslag liggend aan de uitvinding
- E: octrooiliteratuur gepubliceerd op of na de indieningsdatum van de onderhavige aanvraag en waarvan de indieningsdatum of de voorrangsdatum ligt voor de indieningsdatum van de onderhavige aanvraag.
- D: in de aanvraag genoemd
- L: om andere redenen vermelde literatuur
- &: lid van dezelfde octrooifamilie; corresponderende literatuur

AANHANGSEL BEHORENDE BIJ HET RAPPORT BETREFFENDE HET ONDERZOEK NAAR DE STAND VAN DE TECHNIEK, UITGEVOERD IN OCTROOIAANVRAGE NR. 2007809

Het aanhangsel bevat een opgave van elders gepubliceerde octrooiaanvragen of octrooien (zogenaamde leden van dezelfde octrooifamilie), die overeenkomen met octrooigeschriften genoemd in het rapport. De opgave is samengesteld aan de hand van gegevens uit het computerbestand van het Europees Octrooibureau per 9 mei 2012.

De juistheid en volledigheid van deze opgave wordt noch door het Europees Octrooibureau, noch door NL Octrooicentrum gegarandeerd; de gegevens worden verstrekt voor informatiedoeleinden.

In het rapport genoemd octrooi- geschrift		datum van publicatie	overeenkomend(e) geschrift(en)		datum van publicatie
EP1867610	A	2007-12-19	CN101089223	A	2007-12-19
			US2007289532	A	2007-12-20
			JP2007332460	A	2007-12-27
			NL1032015C	C	2008-01-08
			BRPI0702617	A	2008-02-19
			AT480507T	T	2010-09-15
US6849307	B	2005-02-01			

SCHRIFTELIJKE OPINIE
Octrooiaanvraag 2007809

Indieningsdatum: 17 november 2011	Vorrangsdatum:
Classificatie van het onderwerp ¹ : C03B37/018	Aanvrager: Draka Comteq

Deze schriftelijke opinie bevat een toelichting op de volgende onderdelen:

- | | |
|---|--|
| ☒ Onderdeel I | Basis van de schriftelijke opinie |
| ☐ Onderdeel II | Vorrang |
| ☐ Onderdeel III | Vaststelling nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid niet mogelijk |
| ☐ Onderdeel IV | De aanvraag heeft betrekking op meer dan één uitvinding |
| ☒ Onderdeel V | Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid |
| ☐ Onderdeel VI | Andere geciteerde documenten |
| ☐ Onderdeel VII | Overige gebreken |
| ☐ Onderdeel VIII | Overige opmerkingen |

De bevoegde ambtenaar:

Dr. M.W. de Lange

NL Octrooiencentrum

¹ Gedefinieerd volgens International Patent Classification (IPC).

Onderdeel I Basis van de schriftelijke opinie

Deze schriftelijke opinie is opgesteld op basis van de meest recente conclusies ingediend voor aanvang van het onderzoek.

Onderdeel V Gemotiveerde verklaring ten aanzien van nieuwheid, inventiviteit en industriële toepasbaarheid

1. Verklaring

Nieuwheid	Ja:	Conclusies	1-9
	Nee:	Conclusies	
Inventiviteit	Ja:	Conclusies	1-9
	Nee:	Conclusies	
Industriële toepasbaarheid	Ja:	Conclusies	1-9
	Nee:	Conclusies	

2. Literatuur en toelichting

D1 = EP 1867610 A (DRAKA COMTEQ), 19 december 2007

Zoals wordt aangegeven op blz. 1 van de beschrijving van de onderhavige aanvraag is uit D1 bekend een apparaat voor het uitvoeren van een plasma chemisch damp depositie proces, omvattende een in hoofdzaak cilindrische resonator die is voorzien van een cilindrische buitenwand die een trilholt met een in hoofdzaak rotatiesymmetrische vorm ten opzichte van een cilindrische as omsluit, waarbij de resonator voorts is voorzien van zijwanddelen die de trilholt in tegenovergelegen cilindrische as-richtingen begrenzen, waarbij het apparaat voorts een microgolf-geleider omvat met een uiteinde dat zich uitstrekt door de cilindrische buitenwand tot in de trilholt. De lengte van de trilholt ('resonant cavity' 2) in het apparaat bekend uit D1 is in de cilindrische richting constant als een functie van de radiale afstand tot de cilindrische as. Zie par.[0023], figuur. Conclusie 1 is daarom nieuw in het licht van D1.

Het apparaat bekend uit D1 omvat geleidingselementen ('guiding elements' 9), bijv. met een conische vorm, in een voedingsmicrogolfgeleider ('feed waveguide' 8), welke elementen de microgolven sturen naar de microgolf-geleider ('coaxial waveguide' 7) met het uiteinde dat zich uitstrekt door de cilindrische buitenwand tot in de trilholt. Deze elementen voorkomen het ontstaan van elektrische ontladingen ('sparking') die de trilholt kunnen aantasten. Zie par. [0008], [0009], [0015], [0016], [0024].

Bij het apparaat volgens conclusie 1 wordt de lengte van de trilholt in de cilindrische richting gevarieerd als een functie van de radiale afstand tot de cilindrische as om elektrische ontladingen in de vorm van bogen ('arcing') te voorkomen. Deze maatregel wordt in D1 niet gesuggereerd en

Schriftelijke Opinie

Octrooiaanvraag **2007809**

kan door de vakman daar ook niet uit worden afgeleid. Conclusie 1 is daarom tevens inventief in het licht van D1.

De volgconclusies zijn alleen al wegens hun afhankelijkheid van conclusie 1 nieuw en inventief.