

(19)



NL Octrooiencentrum

(11)

2008208

(12) **C OCTROOI**

(21) Aanvraagnummer: **2008208**

(51) Int.Cl.:
B22F 9/14 (2006.01)

(22) Aanvraag ingediend: **31.01.2012**

(43) Aanvraag gepubliceerd:

-

(47) Octrooi verleend:
01.08.2013

(45) Octrooischrift uitgegeven:
07.08.2013

(73) Octrooihouder(s):
Technische Universiteit Delft te Delft.

(72) Uitvinder(s):
Andreas Schmidt-Ott te Delft.
Tobias Vincent Pfeiffer te Delft.

(74) Gemachtigde:
mr. ir. J. van Breda c.s. te Amsterdam.

(54) **Spark Ablation Device.**

(57) A spark ablation device for generating nanoparticles comprising a spark generator; the spark generator comprising first and second electrodes, wherein the spark generator further comprises at least one power source which is arranged to be operative at a first energy level for maintaining a discharge between the first and second electrodes, which power source is arranged for repetitively increasing the energy of the discharge to a predetermined secondary level that is higher than the first energy level for ablating a portion of the electrodes.

NL C 2008208

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.

Spark Ablation Device

The invention relates to a spark ablation device and to a method for generating nanoparticles.

5 Ablation devices based on electrode vaporisation by spark discharge are known in the prior art; see e.g. S. Schwyn et al., J. Aerosol Sci, 1988, 19(5), 639. The spark generator of such devices typically comprises a power source, an RLC circuit (i.e. a circuit comprising a resistor, an inductor and
10 a capacitor) and a pair of electrodes. The capacitor is continually charged by the power source; when the breakdown voltage is reached, discharge occurs between the electrodes. The spark discharge is repetitive, and between sparks there is no discharge. Components and conditions are chosen such that the
15 energy of the discharge is sufficient to cause electrode ablation. Electrode ablation is the evaporation/vaporisation of the electrode through the presence of plasma i.e. as a result of heating and ion bombardment. The power of the discharge is the product of voltage and current.

20 Disadvantages of state of the art devices and methods for spark ablation are: (a) their limited nanoparticle production rates: typical maximum production rates are in the range of milligrams per hour. This is due to the low spark repetition frequencies of conventional spark generator circuits; (b)
25 as the frequency is increased local heating of the electrodes occurs as subsequent sparks hit the same point on the electrode surface; this leads to emission of (relative to nanoparticles) large particles formed from dispersions of melted material; (c) above a certain frequency, discharge becomes continuous and particle generation stops or desired particle
30 characteristics are lost.

It is an object of the invention to provide a spark ablation device and method which overcome one or more problems of the devices and methods of the prior art. Spark ablation
35 involves applying electrical energy to create sparks between pairs of electrodes. Electrode material is vaporised at the electrode or electrodes from which each high-energy spark originates. Under suitable conditions, nanoparticles are formed from the vaporized material. Nanoparticles as under-

stood in this application are particles having a diameter up to a maximum of about 1 μm .

In a first aspect, the invention relates to a spark ablation device for generating nanoparticles comprising a spark generator; the spark generator comprising first and second electrodes, wherein the spark generator further comprises at least one power source which is arranged to be operative at a first energy level for maintaining a discharge between the first and second electrodes, which power source is arranged for repetitively increasing the energy of the discharge to a predetermined secondary level that is higher than the first energy level for ablating a portion of the electrodes.

A spark generator is an electrical circuit arranged for generating sparks between electrodes of the spark generator.

Providing an at least substantially continuous discharge or simmer discharge between the electrodes and superimposing a pulsed discharge thereover results in a number of advantages: (i) lower voltages can be applied as the break-down voltage between the electrodes does not have to be reached; (ii) each spark has the same "starting" conditions, thus constant particle characteristics and a narrow distribution of particle sizes can be achieved; (iii) very short, high power discharge pulses are possible, but with the average power being low enough to avoid cooling problems; (iv) sufficiently high pulse energies can be used to allow simultaneous evaporation of materials of different boiling points wherein the electrodes are sintered electrodes; (v) the RLC circuits commonly applied allow repetition frequencies up to only 1000 Hz, whereas for the method and device of the present invention this limit is not applicable and thus much higher nanoparticle production rates are possible, such as at least a factor of 10 greater; (vi) for most electrode arrangements, the position where the simmer discharge meets the electrodes fluctuates; subsequent sparks do not strike repetitively at the same point on the electrodes which would otherwise lead to non-even evaporation and formation of liquid pools and therewith large particles, and; (vii) the average electric field in the spark generator is smaller than with conventional circuits, because

the otherwise required break-down voltage between the electrodes does not need to be reached. This reduces particle loss by electrostatic precipitation.

It is possible to implement the functionality of the spark ablation device such that only a single power source is needed. In a preferred embodiment however, the at least one power source comprises a pulse generator for repetitively increasing the energy of the discharge. Various examples of suitable pulse generators are known to a person of skill in the art.

Secondly, the at least one power source can comprise a continuous DC power source or a continuous AC power source, supplemented with pulsed power from the same or another power source. The continuous power source may comprise one or more elements that can store electrical energy, such as a capacitor or a coil. The pulsed power source has the function of periodically supplying energy for the production of nanoparticles as well as periodically providing recharging energy for the said elements that can store electrical energy. Preferably the at least one power source is selected to be (a) a current source, or (b) a voltage source.

In a further preferred embodiment, the spark ablation device further comprises an ignition circuit for initial ignition of the continuous discharge.

In a second aspect, the first and/or second electrodes are preferably hollow and are further preferably connected or connectable to a gas supply.

Hollow electrodes, in particular electrodes that are connected or are connectable to a gas supply, are advantageous since they allow the addition or removal of reactants or products e.g. nanoparticles once formed may be removed via one or both of the electrodes. The gas flow can be held at a temperature providing effective cooling of the electrodes to avoid heating problems. The tube shape of the electrodes provides an additional advantage when combined with a magnetic field, as described below, because the resulting toroidal gap allows spinning of the discharge within this torus.

In a third aspect, the spark generator preferably further comprises means to provide a magnetic field in a discharge area between the first and second electrodes.

Through providing a magnetic field the position at which the continuous discharge meets the electrodes is constantly varied. This ensures that pulsed discharges occur at different positions, resulting in more even electrode evaporation.

The means to provide a magnetic field may be either a permanent magnet or magnets, an electric magnet or magnets, or a combination thereof.

Wherein the means for providing a magnetic field are embodied as electric magnets, this allows the magnetic field to be switched on only during certain periods in each cycle. The magnetic field can then for example be switched off during the pulse discharges so as to prevent them from being disturbed thereby. Permanent magnets constitute a mechanically simpler solution.

In a preferred embodiment the means to provide a magnetic field is arranged relative to the first and second electrodes to influence the location between the first and second electrodes at which discharge occurs.

It is possible that the magnetic field lines of the magnetic field are oriented oblique with respect to the electrical field lines between the electrodes. In a preferred embodiment the means to provide a magnetic field provide magnetic field lines that are substantially perpendicular to the electrical field lines causing the discharge between the electrodes.

Through providing a magnetic field in accordance with the third aspect of the invention, the position at which the continuous discharge meets the electrodes is constantly varied. This results in the pulsed discharges occurring at different positions.

Wherein the electrodes are hollow (tube-shaped) and the spark generator further comprises means to provide a magnetic field relative to the first and/or second electrodes, this advantageously permits spinning of the discharge.

In a fourth aspect, the invention relates to a method for generating nanoparticles with a spark ablation device comprising electrodes for providing sparks by repetitively providing pulsed energy to the electrodes, wherein a substantially continuous discharge is maintained between the electrodes of the spark ablation device, the energy level of which discharge is intermittently increased from a first energy level to a second energy level higher than the first energy level for ablating a portion of the electrodes.

The invention will hereafter be further elucidated with reference to the drawing of Figure 1 showing schematically an example of a spark ablation device according to the invention. It should be appreciated that this example is provided for illustrative purposes only and is not to be considered limiting of the invention.

With reference to the drawing:

Figure 1 shows a spark ablation device 1 for generating nanoparticles comprising a spark generator 2; nanoparticles are generated in the region A. It is remarked that although not specifically shown, the device also includes an outlet for the generated nanoparticles.

The spark generator comprising first and second electrodes 3a, 3b, and the spark generator 2 further comprises at least one power source 4 which is arranged to be operative at a first energy level for maintaining a discharge between the first and second electrodes 3a, 3b. The power source 4 is arranged for repetitively increasing the energy of the discharge to a predetermined secondary level that is higher than the first energy level for ablating a portion of the electrodes 3a, 3b. The at least one power source 4 further comprises a pulse generator 5 for repetitively increasing the energy of the discharge. The at least one power source 4 comprises for instance a continuous DC power source and/or a continuous AC power source, supplemented with a source for pulsed power, wherein preferably the at least one power source is selected to be either (a) a current source, or (b) a voltage source.

According to the second aspect of the invention, the first and second electrodes 3a, 3b are hollow i.e. they are provided with conduits 6a, 6b running the length of each elec-

trode 3a, 3b, and connected to a gas supply G. also an (additional) inlet/outlet for the gas will be present. Such an arrangement allows the addition or removal of reactants or products e.g. nanoparticles once formed may be removed via one or both of the electrodes 3a, 3b. One or more additional gas flows into and/or out of zone A may further be provided for the same purpose, either in combination, or as an alternative to providing hollow electrodes.

According to the third aspect of the invention, the spark ablation device 1 further comprises means to provide a magnetic field (not shown) arranged relative to the first and second electrodes 3a, 3b to influence the location on the electrodes 3a, 3b at which the discharge occurs. The means to provide a magnetic field provide a magnetic field with field lines preferably substantially perpendicular to the discharge.

The magnets could be embodied as rings around the electrodes. Permanent ring-shaped or tube-shaped magnets magnetized in the direction of the axis of the electrodes are suitable. Alternatively, electrical coils providing a magnetic field could be used and positioned accordingly. To ensure a perpendicular component of the magnetic field where the spark is, the poles of the opposed magnets at the location of the electrodes should have opposite polarity. The manner in which this may be implemented is clear for the person skilled in the art and requires no further elucidation with reference to a drawing.

CONCLUSIES

1. Vonkverdampingsinrichting (1) voor het genereren van nanodeeltjes omvattende een vonkgenerator (2), welke vonkgenerator eerste en tweede elektroden (3a, 3b) omvat, **met het kenmerk**, dat de vonkgenerator verder tenminste één spanningsbron (4) bezit welke is ingericht om werkzaam te zijn op een eerste energieniveau voor het handhaven van een ontlading tussen de eerste en tweede elektroden (3a, 3b), welke spanningsbron (4) is ingericht voor het herhaald verhogen van de energie van de ontlading naar een vooraf bepaald tweede niveau welke hoger is dan het eerste energieniveau voor het verdampen van een deel van de elektroden (3a, 3b).

2. Vonkverdampingsinrichting volgens conclusie 1, **met het kenmerk**, dat de tenminste ene spanningsbron (4) een puls-generator (2) omvat voor het herhaald verhogen van de energie van de ontlading.

3. Vonkverdampingsinrichting volgens conclusie 1 of 2, **met het kenmerk**, dat het eerste energieniveau geselecteerd is op een niveau dat onvoldoende is voor het opwekken van deeltjes.

4. Vonkverdampingsinrichting volgens één der conclusies 1-3, **met het kenmerk**, dat het tweede energieniveau geselecteerd is op een niveau voor het onvermijdelijk genereren van deeltjes.

5. Vonkverdampingsinrichting volgens één of meer van de voorgaande conclusies, **met het kenmerk**, dat de tenminste ene spanningsbron (4) een continue gelijkspanningsbron omvat, aangevuld met een bron voor gepulseerd vermogen.

6. Vonkverdampingsinrichting volgens één of meer van de voorgaande conclusies, **met het kenmerk**, dat de tenminste ene spanningsbron (4) een continue wisselspanningsbron omvat, aangevuld met een bron voor gepulseerd vermogen.

7. Vonkverdampingsinrichting volgens één of meer van de voorgaande conclusies, **met het kenmerk**, dat de tenminste ene spanningsbron (4) een (a) stroombron of (b) een spanningsbron omvat.

8. Vonkverdampingsinrichting volgens één of meer van de voorgaande conclusies, **met het kenmerk**, dat de eerste en/of tweede elektroden (3a, 3b) hol zijn.

9. Vonkverdampingsinrichting volgens conclusie 8, **met het kenmerk**, dat de eerste en/of tweede elektrodes (3a, 3b) verbonden zijn of verbindbaar zijn met een gastoevoer (G).

10. Vonkverdampingsinrichting volgens één of meer van de voorgaande conclusies, **met het kenmerk**, dat de vonkgenerator (2) verder middelen omvat voor het verschaffen van een magnetisch veld in een ontladingsgebied tussen de eerste en tweede elektroden (3a, 3b).

11. Vonkverdampingsinrichting volgens conclusie 10, **met het kenmerk**, dat de middelen voor het verschaffen van een magnetisch veld ingericht zijn met betrekking tot de eerste en tweede elektroden (3a, 3b) voor het beïnvloeden van de plaats op de eerste en tweede elektroden (3a, 3b) waar de ontlading plaatsvindt.

12. Vonkverdampingsinrichting volgens conclusie 10 of 11, **met het kenmerk**, dat de middelen voor het verschaffen van een magnetisch veld een magnetisch veld verschaffen met veldlijnen die in hoofdzaak loodrecht staan op de elektrische veldlijnen die de ontlading tussen de elektroden (3a, 3b) veroorzaken.

13. Vonkverdampingsinrichting volgens één der conclusies 10-12, **met het kenmerk**, dat de elektroden voorzien zijn van ringvormige magneten of elektrische spoelen voor het verschaffen van de magnetische veldlijnen.

14. Werkwijze voor het opwekken van nanodeeltjes met een vonkverdampingsinrichting omvattende elektroden (3a, 3b) voor het verschaffen van vonken door het herhaald verschaffen van gepulseerde energie aan de elektroden (3a, 3b), **met het kenmerk**, dat een in hoofdzaak continue ontlading gehandhaafd wordt tussen de elektroden (3a, 3b) van de vonkverdampingsinrichting (1) waarbij het energieniveau van de ontlading afwisselend verhoogd wordt van een eerste energieniveau naar een tweede energieniveau dat hoger is dan het eerste energieniveau voor het verdampen van een deel van de elektroden (3a, 3b).

15. Werkwijze volgens conclusie 14, **met het kenmerk**, dat de energie van de ontlading herhaald verhoogd wordt door

het verschaffen van elektrische pulsen aan de elektroden (3a, 3b).

5 16. Werkwijze volgens conclusie 14 of 15, **met het kenmerk**, dat de elektroden (3a, 3b) van de vonkverdampingsinrichting (1) onderworpen worden aan een magnetisch veld voor het handhaven van een uniforme verdamping van de elektroden (3a, 3b) van de vonkverdampingsinrichting (1).

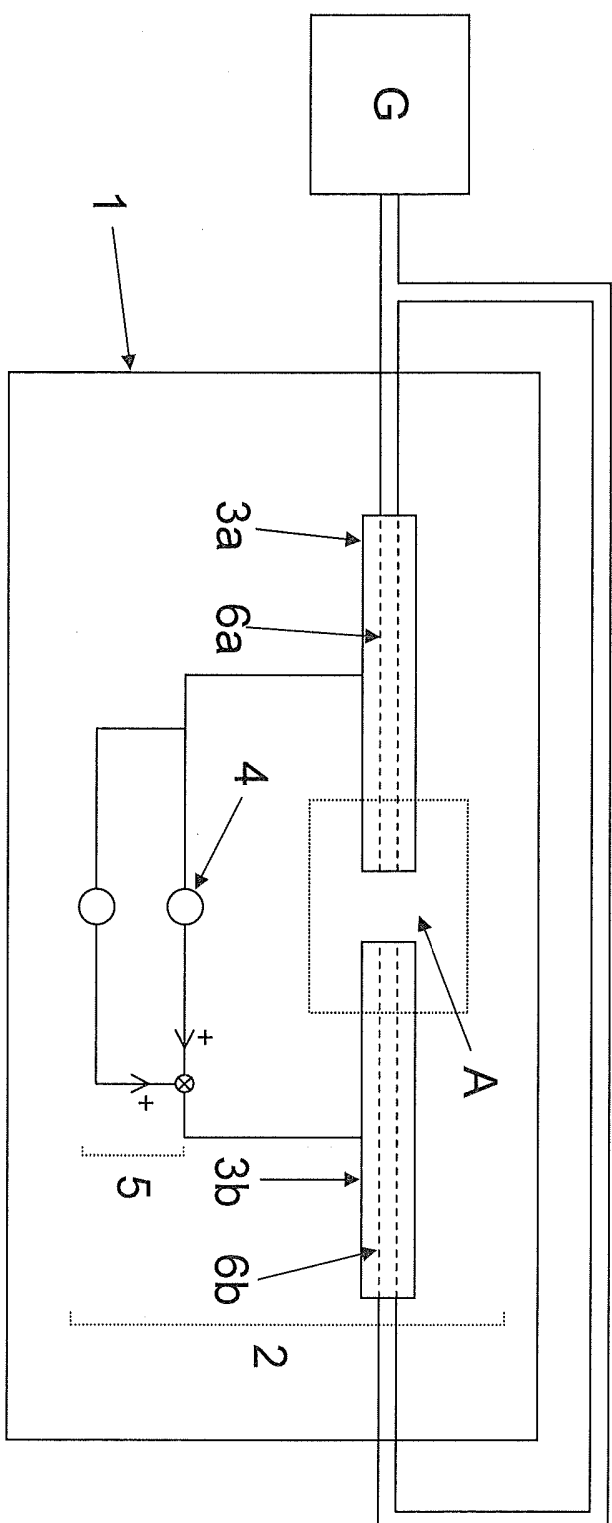


FIG. 1

SAMENWERKINGSVERDRAG (PCT)

RAPPORT BETREFFENDE NIEUWHEIDSONDERZOEK VAN INTERNATIONAAL TYPE

IDENTIFICATIE VAN DE NATIONALE AANVRAGE	KENMERK VAN DE AANVRAGER OF VAN DE GEMACHTIGDE NL 48746 VB
Nederlands aanvraag nr. 2008208	Indieningsdatum 31-01-2012
	Ingeroepen voorrangsdatum
Aanvrager (Naam) Technische Universiteit Delft	
Datum van het verzoek voor een onderzoek van internationaal type 17-03-2012	Door de Instantie voor Internationaal Onderzoek aan het verzoek voor een onderzoek van internationaal type toegekend nr. SN 57833
I. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP (bij toepassing van verschillende classificaties, alle classificatiesymbolen opgeven)	
Volgens de internationale classificatie (IPC) B22F9/14	
II. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK	
Onderzochte minimumdocumentatie	
Classificatiesysteem	Classificatiesymbolen
IPC	B22F
Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen	
III.	☐ GEEN ONDERZOEK MOGELIJK VOOR BEPAALDE CONCLUSIES (opmerkingen op aanvullingsblad)
IV.	☐ GEBREK AAN EENHEID VAN UITVINDING (opmerkingen op aanvullingsblad)

**ONDERZOEKSRAPPORT BETREFFENDE HET
RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND
VAN DE TECHNIEK VAN HET INTERNATIONALE TYPE**

Nummer van het verzoek om een onderzoek naar
de stand van de techniek
NL 2008208

A. CLASSIFICATIE VAN HET ONDERWERP
INV. B22F9/14
ADD.

Volgens de Internationale Classificatie van octrooien (IPC) of zowel volgens de nationale classificatie als volgens de IPC.

B. ONDERZOCHE GEBIEDEN VAN DE TECHNIEK

Onderzochte minimum documentatie (classificatie gevolgd door classificatiesymbolen)
B22F

Onderzochte andere documentatie dan de minimum documentatie, voor dergelijke documenten, voor zover dergelijke documenten in de onderzochte gebieden zijn opgenomen

Tijdens het onderzoek geraadpleegde elektronische gegevensbestanden (naam van de gegevensbestanden en, waar uitvoerbaar, gebruikte trefwoorden)
EPO-Internal, WPI Data

C. VAN BELANG GEACHTE DOCUMENTEN

Categorie °	Geciteerde documenten, eventueel met aanduiding van speciaal van belang zijnde passages	Van belang voor conclusie nr.
X	US 2005/034668 A1 (GARVEY JAMES F [US] ET AL) 17 februari 2005 (2005-02-17) * figuren 1,14,15 * * alineas [0048], [0065] - [0068], [0162] - [0163], [0179] * -----	1-13
X	US 2008/166500 A1 (BYEON JEONG-HOON [KR] ET AL) 10 juli 2008 (2008-07-10) * alinea [0039] * * figuur 2 *	1-4,7
A	US 4 645 895 A (BOXMAN RAYMOND L [IL] ET AL) 24 februari 1987 (1987-02-24) * zinnen 24-35 * * het gehele document * -----	1-14



Verdere documenten worden vermeld in het vervolg van vak C.



Leden van dezelfde octroofamilie zijn vermeld in een bijlage

° Speciale categorieën van aangehaalde documenten

"A" niet tot de categorie X of Y behorende literatuur die de stand van de techniek beschrijft

"D" in de octrooiaanvraag vermeld

"E" eerdere octrooi(aanvraag), gepubliceerd op of na de indieningsdatum, waarin dezelfde uitvinding wordt beschreven

"L" om andere redenen vermelde literatuur

"O" niet-schriftelijke stand van de techniek

"P" tussen de voorrangsdatum en de indieningsdatum gepubliceerde literatuur

"T" na de indieningsdatum of de voorrangsdatum gepubliceerde literatuur die niet bezwarend is voor de octrooiaanvraag, maar wordt vermeld ter verheldering van de theorie of het principe dat ten grondslag ligt aan de uitvinding

"X" de conclusie wordt als niet nieuw of niet inventief beschouwd ten opzichte van deze literatuur

"Y" de conclusie wordt als niet inventief beschouwd ten opzichte van de combinatie van deze literatuur met andere geciteerde literatuur van dezelfde categorie, waarbij de combinatie voor de vakman voor de hand liggend wordt geacht

"&" lid van dezelfde octroofamilie of overeenkomstige octrooipublicatie

Datum waarop het onderzoek naar de stand van de techniek van internationaal type werd voltooid

1 oktober 2012

Verzenddatum van het rapport van het onderzoek naar de stand van de techniek van internationaal type

Naam en adres van de instantie

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

De bevoegde ambtenaar

Forestier, Gilles

**ONDERZOEKSRAPPORT BETREFFENDE HET
RESULTAAT VAN HET ONDERZOEK NAAR DE STAND
VAN DE TECHNIEK VAN HET INTERNATIONALE TYPE**
Informatie over leden van dezelfde octrooifamilie

Nummer van het verzoek om een onderzoek naar
de stand van de techniek

NL 2008208

In het rapport genoemd octrooigeschrift	Datum van publicatie	Overeenkomend(e) geschrift(en)	Datum van publicatie
US 2005034668	A1	17-02-2005	US 2005034668 A1 17-02-2005
			WO 2006085994 A2 17-08-2006
US 2008166500	A1	10-07-2008	KR 20080064573 A 09-07-2008
			US 2008166500 A1 10-07-2008
			US 2010272903 A1 28-10-2010
			US 2010272904 A1 28-10-2010
			US 2010272905 A1 28-10-2010
US 4645895	A	24-02-1987	DE 3513014 A1 24-10-1985
			IL 71530 A 16-09-1987
			JP 1906448 C 24-02-1995
			JP 6033451 B 02-05-1994
			JP 61099672 A 17-05-1986
			US 4645895 A 24-02-1987



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken,
Landbouw en Innovatie

WRITTEN OPINION

File No. SN57833	Filing date (day/month/year) 31.01.2012	Priority date (day/month/year)	Application No. NL2008208
International Patent Classification (IPC) INV. B22F9/14			
Applicant Technische Universiteit Delft			

This opinion contains indications relating to the following items:

- ☒ Box No. I Basis of the opinion
- ☐ Box No. II Priority
- ☐ Box No. III Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
- ☐ Box No. IV Lack of unity of invention
- ☒ Box No. V Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
- ☐ Box No. VI Certain documents cited
- ☐ Box No. VII Certain defects in the application
- ☒ Box No. VIII Certain observations on the application

	Examiner Forestier, Gilles
--	-------------------------------

WRITTEN OPINION

Application number
NL2008208

Box No. I Basis of this opinion

1. This opinion has been established on the basis of the latest set of claims filed before the start of the search.
2. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the application and necessary to the claimed invention, this opinion has been established on the basis of:
 - a. type of material:
 - ☐ a sequence listing
 - ☐ table(s) related to the sequence listing
 - b. format of material:
 - ☐ on paper
 - ☐ in electronic form
 - c. time of filing/furnishing:
 - ☐ contained in the application as filed.
 - ☐ filed together with the application in electronic form.
 - ☐ furnished subsequently for the purposes of search.
3. ☐ In addition, in the case that more than one version or copy of a sequence listing and/or table relating thereto has been filed or furnished, the required statements that the information in the subsequent or additional copies is identical to that in the application as filed or does not go beyond the application as filed, as appropriate, were furnished.
4. Additional comments:

Box No. V Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty	Yes: Claims	5, 6, 14-16
	No: Claims	1-4, 7-13
Inventive step	Yes: Claims	14-16
	No: Claims	1-13
Industrial applicability	Yes: Claims	1-16
	No: Claims	

2. Citations and explanations

see separate sheet

WRITTEN OPINION

Application number
NL2008208

Box No. VIII Certain observations on the application

see separate sheet

Re Item V

Reasoned statement with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1 State of the art

Reference is made to the following documents:

- D1 US 2005/034668 A1 (GARVEY JAMES F [US] ET AL) 17 februari 2005 (2005-02-17)
- D2 US 2008/166500 A1 (BYEON JEONG-HOON [KR] ET AL) 10 juli 2008 (2008-07-10)

2 Novelty

- 2.1 Document D1 discloses a spark ablation device for generating nanoparticles comprising a spark generator, the spark generator comprising first and second electrodes, one power source (DC or AC voltage source) for maintaining a discharge between the first and second electrodes, which discharge causes the ablation of a portion of the electrodes (see Fig. 1, Fig. 15, [0048], [0065]-[0068]).

Furthermore document D1 discloses that:

- the electrodes are hollow and connected to a gas supply (see Fig.14, [0162]-[0163])
- the device further comprises a ring shaped electromagnet, capable of providing a magnetic field in a discharge area between the first and second electrodes (see Fig. 15, [00179]), the ring shaped electromagnet providing a magnetic field with field lines substantially perpendicular to the electrical field lines causing the discharge between the electrodes

Therefore the subject matter of claims 1-4, 7-13 is not new.

- 2.2 The subject matter of claims 1-4, 7 is also not new in view of D2 (see passages cited in the search report)

3 Inventive step

- 3.1 Document D1 discloses a method for generating nanoparticles with a spark ablation device comprising two electrodes, wherein a substantially continuous discharge is maintained between the electrodes of the spark ablation device.

Thus the method of claim 14 differs from the disclosure of D1 in that the energy level of the discharge is intermittently increased from a first energy level to a second energy level higher than the first energy level for ablating a portion of the electrodes.

The technical effect due to this difference is that a much higher production rate of nanoparticles can be achieved.

Since the use of a continuous discharge combined with an intermittent increase of the energy level of the discharge for improving the production rate of nanoparticles is neither suggested in the prior art nor known as a common practice by the person skilled in the art, the subject matter of claim 14 seems to involve an inventive step.

- 3.2 Claims 15 and 16, dependent of claim 14 seem also to be inventive.

- 3.3 Dependent claims 5, 6 do not contain any features which, in combination with the features of any claim to which they refer, meet the requirements of the in respect of inventive step as the additional features of claims 5, 6 appear to represent mere design options obvious to the person skilled in the art that do not give rise to an unexpected technical effect.

Therefore the subject matter of claims 5, 6 is not inventive.

Re Item VIII

Certain observations on the international application

- 1 Some of the features in the apparatus claims 1-4 relate to a method of using the apparatus rather than clearly defining the apparatus in terms of its technical features. The intended limitations are therefore not clear from this claim. The features relating to the method of using the apparatus were not considered for the assessment of novelty and inventive step.