

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902112404A1

Publication Date

20140620

Applicant

ORGANIC SPINTRONICS S.R.L.

Title

DISPOSITIVO DI DEPOSIZIONE A PLASMA IMPULSATO

ORGANIC SPINTRONICS S.r.l.

Descrizione di Brevetto di Invenzione Industriale
avente per titolo:

"DISPOSITIVO DI DEPOSIZIONE A PLASMA IMPULSATO".

5 Inventori designati: Dmitry Yarmolich, Carlo Taliani

CAMPO TECNICO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione riguarda un dispositivo di deposizione a plasma impulsato.

Più in particolare, la presente invenzione riguarda un
10 dispositivo di deposizione a plasma impulsato con tempo
di vita più lungo senza manutenzione, con aumentata
efficienza del trasferimento dell'energia al fascio
elettronico con fluenza più elevata, e come risultato,
una elevata velocità di deposizione con uniformità
15 migliorata del film depositato.

STATO DELLA TECNICA ANTERIORE

I noti dispositivi di deposizione a plasma impulsato
(PPD) di un sottile film di un determinato materiale su
un substrato sono progettati al fine di fornire un
20 cosiddetto sistema "Channel spark discharge" (CSD), che
genera un fascio elettronico normalmente diretto verso
un bersaglio comprendente il materiale che si intende
depositare come film sottile su un opportuno substrato.
Questi dispositivi comprendono solitamente un catodo
25 cavo, un elettrodo di attivazione all'interno del

catodo cavo, un elemento tubolare sostanzialmente dielettrico che si estende attraverso una parete del catodo, ed un anodo (bersaglio) disposto di fronte all'elemento tubolare ad una distanza di 1-40 mm
5 dall'estremità dell'elemento tubolare.

Nell'uso, un elevato voltaggio di polarità negativa applicato al catodo provoca la formazione del plasma all'interno del catodo con l'ausilio dell'elettrodo di attivazione. Quindi gli elettroni, estratti dal plasma
10 formato all'interno del catodo cavo, entrano nell'elemento tubolare, e la differenza di potenziale stabilita rispetto all'anodo permette di accelerare gli elettroni lungo l'elemento tubolare stesso verso il bersaglio formato dal suddetto determinato materiale o
15 comprendente tale materiale.

Quindi, almeno una parte del determinato materiale si separa dal bersaglio.

La separazione del materiale dal bersaglio è ottenuta tramite un noto processo di formazione di plasma dal
20 bersaglio denominato ablazione.

Il processo di ablazione è attivato dall'elevata quantità di energia rapidamente trasferita sulla superficie del bersaglio solido dal fascio elettronico generato dal dispositivo di deposizione a plasma
25 impulsato.

L'energia è trasferita al bersaglio con densità estremamente elevata: il trasferimento di energia è compresso nel tempo con brevi impulsi.

Il materiale ablato, nello stato di plasma, la
5 cosiddetta piuma, si propaga verso il substrato dove si condensa nella forma di un film sottile. Il processo di formazione di un film di materiale sul substrato è denominato deposizione.

Un noto dispositivo di questo tipo è descritto, per
10 esempio, nelle domande di brevetto WO2012/025947A1 e WO2010109297A2, entrambe dello stesso richiedente della presente domanda.

Tale dispositivo noto è affetto da diversi inconvenienti.

15 In primo luogo, è stato osservato che i fasci elettronici sono solitamente generati da scariche tramite scintilla o pseudo-scintilla incanalata, e per ottenere l'effettivo trasporto di questi fasci sul bersaglio, è necessaria una neutralizzazione spaziale
20 delle cariche quasi completa.

Quest'ultima può essere prodotta, ad esempio, usando il cosiddetto plasma di fondo.

In ogni caso, l'espansione termica del plasma conduce all'accorciamento del circuito costituito dalla

distanza anodo-catodo, ed alla fine della generazione di elettroni energetici.

Quindi, il fascio di elettroni energetici può essere generato soltanto durante la fase transitoria di scarica.

L'ampiezza e la durata della corrente del fascio di elettroni in questa fase determina l'efficienza del trasferimento di energia al bersaglio, e rispettivamente, la velocità di ablazione e le proprietà del plasma all'anodo.

Le misurazioni dell'efficienza del trasferimento dell'energia al fascio di elettroni generati tramite "Channel Spark Discharge" (CSD) sotto diverse condizioni di scarica hanno rivelato che una parte piuttosto piccola dell'energia iniziale è effettivamente trasferita agli elettroni energetici durante il normale processo di scarica a scintilla incanalata.

Inoltre, come mostrato per esempio nelle domande di brevetto WO2012/025947A1 e WO2010109297A2, al fine di direzionare la piuma di plasma verso il substrato, il dispositivo - il tubo capillare del canale di scarica della scintilla - ha il suo asse longitudinale che è inclinato di un certo angolo rispetto alla superficie

del bersaglio, e quindi rispetto all'asse longitudinale della piuma di plasma che raggiunge il substrato.

Questa disposizione del dispositivo di deposizione a plasma impulsato rispetto al bersaglio genera

5 normalmente fenomeni di ombreggiatura sulla superficie del substrato, caratterizzata da una distribuzione non uniforme - o asimmetrica del materiale proveniente dal bersaglio, cioè da una forma asimmetrica della piuma del plasma.

10 Inoltre, il materiale ablato dal bersaglio penetra all'interno del tubo capillare dielettrico del sistema CSD, e ricopre anche l'esterno. Questo materiale depositato non solo sul substrato ma anche sul capillare dielettrico disturba il funzionamento del
15 sistema CSD e quindi richiede una sostituzione, limitando la durata di vita del sistema CSD.

SCOPI DELL'INVENZIONE

Il compito tecnico della presente invenzione è di migliorare lo stato della tecnica nel settore dei
20 dispositivi di deposizione a plasma impulsato.

Nell'ambito di tale compito tecnico, costituisce uno scopo della presente invenzione superare i citati inconvenienti, fornendo un dispositivo di deposizione a plasma impulsato con incrementata efficienza del
25 trasferimento di energia agli elettroni del fascio.

Un altro scopo della presente invenzione è di aumentare la densità di energia fornita al bersaglio.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è di eliminare i fenomeni di ombreggiatura della piuma di plasma sul substrato.

Un altro scopo della presente invenzione è quello di eliminare la contaminazione del tubo capillare dal materiale ablato al fine di aumentare il tempo di vita del dispositivo e di eliminare la sostituzione del tubo capillare.

Questo compito e questi scopi sono tutti raggiunti dal dispositivo di deposizione a plasma impulsato secondo la allegata rivendicazione 1.

Il dispositivo di deposizione a plasma secondo la presente invenzione comprende un gruppo di elementi di trasporto e focalizzazione. Il gruppo di trasporto e focalizzazione secondo l'invenzione è atto a trasportare il fascio di elettroni ad una distanza di 5-20 cm tra l'uscita del capillare del sistema CSD ed il bersaglio. Questo protegge il capillare del sistema CSD dalla contaminazione del materiale ablato.

Il gruppo di trasporto e focalizzazione secondo l'invenzione è atto a focalizzare il fascio di elettroni su un punto molto piccolo della superficie del bersaglio, di circa 1 mm di diametro, per

incrementare la densità di energia (fluenza) del fascio di elettroni sul bersaglio. Questo significa che qualsiasi materiale del bersaglio, cioè metalli, ossidi, semiconduttori, può essere ablato in modo molto
5 simile all'ablazione con laser impulsato.

Il gruppo di trasporto e focalizzazione secondo l'invenzione è atto ad inclinare il fascio di elettroni. Ossia, il tubo capillare del sistema CSD è posizionato con un certo angolo rispetto alla normale alla
10 superficie del bersaglio.

Le traiettorie degli elettroni sono inclinate di questo angolo grazie alla geometria del gruppo di trasporto e focalizzazione.

L'ablazione del bersaglio avviene più efficacemente se
15 le traiettorie degli elettroni sono normali alla superficie del bersaglio.

Inoltre, l'inclinazione della traiettoria del fascio di elettroni consente la propagazione della piuma di plasma verso il substrato senza ombreggiature ed in
20 modo simmetrico rispetto alla normale al bersaglio.

Vantaggiosamente, il film depositato sul substrato ha quindi la medesima composizione del bersaglio, con elevata efficienza di trasferimento dell'energia.

Le rivendicazioni dipendenti si riferiscono a forme di
25 attuazione preferite e vantaggiose dell'invenzione.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Questi ed altri vantaggi saranno meglio compresi da ogni tecnico del ramo dalla descrizione che segue e
5 dalle annesse tavole di disegni, dati quale esempio non limitativo, nei quali:

la figura 1 è una vista schematica del dispositivo di deposizione a plasma impulsato secondo la presente invenzione;

10 la figura 2 è una vista di dettaglio di alcune parti del dispositivo secondo la presente invenzione.

FORME DI ATTUAZIONE DELL'INVENZIONE

Con riferimento alla rappresentazione di figura 1, è indicato complessivamente con il numero 1 un
15 dispositivo di deposizione a plasma impulsato secondo l'invenzione.

Si sottolinea che nella forma di attuazione che segue singole caratteristiche, fornite in relazione a tale specifica forma di attuazione, potrebbero essere
20 intercambiate con altre diverse caratteristiche presenti in altre forme di attuazione dell'invenzione.

Il dispositivo 1 secondo la presente invenzione comprende una camera 2.

La camera 2 è realizzata in modo tale da essere a
25 tenuta stagna rispetto all'ambiente esterno. La camera

2 prevede un pompaggio costante dei gas che fornisce una pressione nell'intervallo 10^{-5} - 10^{-2} mBar all'interno della camera.

Il dispositivo 1 comprende inoltre un apparato per la
5 generazione di plasma, indicato complessivamente con 3.

In particolare, l'apparato per la generazione di plasma 3 è quello descritto nella domanda di brevetto WO2012/025947A1 della stessa richiedente, od uno simile ad esso nelle sue caratteristiche principali.

10 L'apparato 3 è atto a generare un fascio di elettroni lungo il suo asse longitudinale, come meglio descritto in seguito.

L'apparato 3 è almeno parzialmente contenuto nella camera 2.

15 Il dispositivo comprende inoltre un bersaglio 4, verso il quale è diretto il fascio di elettroni generato dall'apparato 3.

Il bersaglio 4, che è pure contenuto nella camera 2, è montato su un supporto girevole 5, in modo di per sé
20 noto.

Il bersaglio 4 comprende un determinato materiale che deve essere depositato su un substrato 6.

In alcune forme di attuazione dell'invenzione, il bersaglio 4 può essere interamente costituito da tale
25 determinato materiale.

Il bersaglio 4 è collegato a terra.

Il substrato 6 è interamente contenuto nella camera 2, ed è posizionato contrapposto al bersaglio 4, e può essere inclinato rispetto all'asse 16 della figura 2.

5 Il substrato 6 può essere di qualsiasi tipo, senza limitazioni agli scopi della presente invenzione.

Ad esempio, il substrato 6 può essere costituito da una parte od un componente di dispositivi elettrici od elettronici quali celle solari, transistor organici,
10 display, sorgenti luminose, e simili, o anche da una parte o componente meccanico, senza limitazioni.

Più in dettaglio, l'apparato 3 comprende - come meglio descritto nella domanda di brevetto WO2012/025947A1 - un elemento cavo 7, che delimita una cavità interna 8.

15 All'interno dell'elemento cavo 7 la presenza di un elettrodo di attivazione è obbligatoria, ma esso può essere di tipo noto.

L'apparato 3 comprende un gruppo di alimentazione di gas, di per sé noto e non rappresentato, che alimenta
20 un gas nella cavità interna 8 dell'elemento cavo 7.

Il gas può essere, a titolo di esempio non limitativo, ossigeno, argon, elio, xeno, ed altri.

Un condotto 9 per il gas collega il gruppo di alimentazione di gas - non rappresentato - all'elemento
25 cavo 7.

Un limitatore del flusso di gas 10 è previsto lungo il condotto del gas 9, e provvede a fornire la differenza di pressione del gas. La pressione del gas nel condotto 9 è superiore alla pressione atmosferica. La pressione
5 del gas nella cavità interna 8 dell'elemento cavo 7 è inferiore alla pressione atmosferica (10^{-5} - 10^{-2} mBar). L'elemento cavo 7 è collegato ad un gruppo di attivazione 11, che è atto ad inviare all'elemento cavo 7 un impulso elettrico in modo da ridurre drasticamente
10 il potenziale dell'elemento cavo 7 stesso in un periodo di tempo molto breve, ad esempio inferiore a 20 ns. Il gruppo di attivazione 11 comprende, in particolare, un generatore di impulsi che fornisce impulsi ad elevato voltaggio - ad esempio 5-30 kV - con brusco
15 tempo di salita - ad esempio 50 ns - e bassa impedenza interna - ad esempio minore od uguale a 15 Ω - ad una frequenza di ripetizione di 1-100 Hz. La frequenza di ripetizione può raggiungere teoricamente i 10 kHz.

20 L'apparato 3 comprende un elemento tubolare 12, che comunica con l'elemento cavo 7. Più in dettaglio, l'elemento tubolare 12 ha una luce interna che collega la cavità interna 8 dell'elemento cavo 7 alla camera 2.

25 In una forma di attuazione preferita della presente

invenzione, l'elemento tubolare 12 è costituito da un tubo capillare, lungo il quale sono accelerati gli elettroni generati nell'elemento cavo 7.

L'elemento cavo 7 e l'elemento tubolare 12 sono
5 disposti lungo l'asse longitudinale dell'apparato 3.

Come mostrato chiaramente nella figura 1 l'asse longitudinale dell'apparato 3 è inclinato rispetto all'asse - non rappresentato - perpendicolare alla superficie del bersaglio 4.

10 Secondo un aspetto della presente invenzione, il dispositivo 1 comprende un gruppo di trasporto e focalizzazione, indicato complessivamente con 13, per il fascio di elettroni emesso dall'elemento tubolare 12 dell'apparato di generazione del plasma 3.

15 Il gruppo di trasporto e focalizzazione 13 è interposto tra l'apparato di generazione del plasma 3 ed il bersaglio 4.

Più in dettaglio, il gruppo di trasporto e focalizzazione 13 è interposto tra l'elemento tubolare
20 12 dell'apparato di generazione del plasma 3 ed il bersaglio 4.

Il gruppo di trasporto e focalizzazione 13 comprende un cono di trasporto 14. Il cono di trasporto 14 è un elemento conduttore (metallo).

25 Il cono di trasporto 14 è collegato all'estremità

dell'elemento tubolare 12.

In particolare, il cono di trasporto 14 è coassiale all'elemento tubolare 12.

Il cono di trasporto 14 è atto a trasportare il fascio
5 di elettroni uscente dall'elemento tubolare 12 verso il bersaglio 4, come meglio spiegato nel prosieguo.

Il cono di trasporto 14 comprende una cavità interna.

Più in dettaglio, come mostrato nella figura 2,
l'elemento tubolare 12 ha la sua estremità distale
10 parzialmente inserita nella cavità interna del cono di trasporto 14, in modo tale che l'elemento tubolare 12 comunica con la cavità interna del cono di trasporto 14.

Il cono di trasporto 14 può contenere plasma con
15 densità minore od uguale a 10^{11} cm^{-3} per compensare la carica spaziale degli elettroni.

Questo plasma appare nel cono di trasporto 14 a causa della ionizzazione del gas con elettroni sparpagliati dalle pareti del cono di trasporto 14.

20 Il gruppo di trasporto e focalizzazione 13 comprende inoltre un elettrodo di focalizzazione 15.

L'elettrodo di focalizzazione 15 è direttamente collegato al cono di trasporto 14. L'elettrodo di focalizzazione 15 è realizzato in metallo conduttore
25 (acciaio inossidabile o altro metallo) elettricamente

collegato al cono di trasporto 14 ed al gruppo di elementi del circuito di autopolarizzazione 20.

L'elettrodo di focalizzazione 15 è sostanzialmente conformato ad anello, come mostrato nelle figure 1,2.

5 L'asse di simmetria 16 dell'elettrodo di focalizzazione 15 è perpendicolare, o sostanzialmente perpendicolare, alle superfici del bersaglio 4.

L'elettrodo di focalizzazione 15 comprende un canale 17.

10 Il canale 17 è previsto attraverso lo spessore dell'elettrodo di focalizzazione 15.

Il canale 17 mette in comunicazione il cono di trasporto 14 con il volume interno dell'elettrodo di focalizzazione 15.

15 L'asse del canale 17 è opportunamente inclinato, rispetto all'asse di simmetria 16 dell'elettrodo di focalizzazione 15, di un certo angolo α , come chiaramente mostrato nella figura 2.

Ad esempio, tale angolo α può essere di $70^{\circ}45'$, o
20 qualsiasi altro angolo atto a realizzare un'ottimale emissione del fascio di elettroni dall'uscita del cono di trasporto 14 nell'elettrodo di focalizzazione 15.

L'elettrodo di focalizzazione 15 comprende inoltre un canale di uscita 18 della piuma del plasma 19.

25 Il canale di uscita 18 è definito da una porzione

divergente della superficie interna dell'elettrodo di focalizzazione 15.

Secondo un altro aspetto della presente invenzione, l'elettrodo di focalizzazione 15 è elettricamente
5 collegato ad un circuito di autopolarizzazione 20.

La distanza tra l'elemento tubolare 12 ed il bersaglio 4 è fissata nell'intervallo 5-20 cm.

In uso, il fascio di elettroni è generato dall'apparato per la generazione di plasma 3, nel modo descritto, ad
10 esempio, nella domanda di brevetto WO2012/025947A1.

Il gruppo di attivazione 11 fornisce gli impulsi elettrici ad elevato voltaggio all'apparato per la generazione di plasma 3, con i parametri precedentemente descritti.

15 In un modo di per sé noto, viene quindi generato un fascio di elettroni, e questo viene estratto dall'elemento cavo 7 attraverso l'elemento tubolare 12.

Il potenziale di polarizzazione del cono di trasporto 14, a causa di un filtro RC a bassa frequenza dello
20 schema di autopolarizzazione previsto nel circuito di autopolarizzazione 20, segue il potenziale del catodo con un ritardo di circa 100 ns.

L'uscita del cono di trasporto 14 emette il fascio di elettroni nell'elettrodo di focalizzazione 15, con una
25 traiettoria che è inclinata dell'angolo α rispetto

all'asse di simmetria 16 dell'elettrodo di focalizzazione 15 stesso.

Il campo elettrico esistente tra il bersaglio 4 - che è collegato a terra - e l'elettrodo di focalizzazione 15
5 determina la curvatura della traiettoria del fascio di elettroni, come mostrato nella figura 1.

In questo modo, la traiettoria del fascio di elettroni è sostanzialmente perpendicolare - almeno nella porzione finale del suo percorso - alla superficie del
10 bersaglio 4.

Il fascio degli elettroni è inoltre focalizzato - e non solo incurvato - verso il bersaglio 4 dal campo elettrico tra l'elettrodo di focalizzazione 15 ed il bersaglio 4.

15 L'angolo α tra l'asse del cono di trasporto 14 e l'asse di simmetria dell'elettrodo di focalizzazione 15 consente una propagazione rettilinea della piuma del plasma 19 senza fenomeni di ombreggiatura al substrato 6.

20 In altre parole, la piuma di plasma 19 ha una forma simmetrica che migliora l'uniformità della deposizione di film sul substrato 6.

La pressione del gas all'interno del gruppo di trasporto e focalizzazione 13 - cono di trasporto 14 ed
25 elettrodo di focalizzazione 15 - è ottimale nel range

$5 \cdot 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-5}$ mBar, al fine di formare un plasma a bassa densità, ad esempio plasma con densità minore o uguale a 10^{11} cm^{-3} .

5 Tale bassa densità del plasma fornisce un'ottimale neutralizzazione della carica spaziale degli elettroni.

Inoltre, il plasma a bassa densità ha un'impedenza che è più elevata dell'impedenza interna del generatore.

10 In questo caso, il fascio di elettroni ha una distribuzione di energia nella quale la maggior parte degli elettroni ha l'elevata energia guadagnata passando per la differenza di potenziale catodo-bersaglio.

15 La geometria di uscita dell'elettrodo di focalizzazione determina la distanza di focalizzazione del fascio di elettroni.

Si è rilevato sperimentalmente che la distanza ottimale tra il bersaglio 4 e l'uscita dell'elettrodo di focalizzazione 15 è nell'intervallo di 4-30 mm.

20 Inoltre, si è rilevato che la durata ottimale dell'impulso per l'ablazione del bersaglio 4 è inferiore a 20 μs .

Il materiale ablato, mentre la piuma di plasma 19 si espande dal bersaglio 4, passa attraverso il canale di uscita 18 dell'elettrodo di focalizzazione 15.

25 Durante questo tempo, il potenziale dell'elettrodo di

focalizzazione 15 è svanito.

La piuma di plasma 19 - che ha una densità maggiore od uguale a 10^{14} cm^{-3} - collega l'elettrodo di focalizzazione 15 al bersaglio 4; a causa della bassa
5 resistenza di questo plasma - inferiore a 10Ω - il potenziale dell'elettrodo di focalizzazione 15 diminuisce.

Quindi la piuma di plasma 19 si propaga verso il substrato 6 dove si deposita, formando un film con la
10 stessa composizione del bersaglio 4, ma con diversa stechiometria.

La ripetizione degli impulsi può essere di rapidità pari a 10 kHz, grazie all'elevata velocità di decadimento del plasma di 100 μs .

15 Questa caratteristica può garantire una elevata velocità di deposizione del film sul substrato 6 con una qualità del film depositato simile a quella dell'ablazione a laser impulsato.

L'azione di focalizzazione dell'elettrodo di
20 focalizzazione 15 determina la generazione di un fascio di elettroni ad elevata densità di energia al bersaglio 4, tale densità di energia essendo compresa nell'intervallo di $10^6 - 10^9 \text{ W/cm}^2$. L'aumento della
fluenza del fascio di elettroni è dovuto alla
25 focalizzazione e non può essere ottenuto con un sistema

CSD standard senza focalizzazione del fascio. Inoltre, il fascio di elettroni ad elevata energia è focalizzato sul bersaglio 4 in un punto di 1 mm di diametro: questo permette di ablare qualsiasi materiale del bersaglio -
5 ad esempio metallo, ossidi, semiconduttori - in modo simile all'ablazione a laser impulsato, con il film depositato avente la stessa composizione del bersaglio 4.

È quindi evidente che il compito tecnico della presente
10 invenzione è pienamente raggiunto.

L'ablazione tramite fascio di elettroni impulsato focalizzato ottenuta con il dispositivo secondo la presente invenzione permette un più efficiente trasferimento di energia al bersaglio 4.

15 Il trasporto del fascio di elettroni ad una distanza dalla sorgente di scarica a scintilla incanalata che può essere nell'intervallo 2-50 cm - grazie alla presenza del gruppo di trasporto e focalizzazione 13 - incrementa il tempo di vita dell'elemento tubolare 12 -
20 cioè il tubo capillare - e l'efficienza del trasferimento di energia agli elettroni.

L'uniformità del film depositato è migliorata grazie al potenziale elettrostatico degli elettrodi che attraggono le microparticelle generate al bersaglio 4.

25 Le normali microparticelle sono quindi assenti o almeno

sono in quantità inferiore nel film depositato sul substrato 6.

Il dispositivo secondo la presente invenzione è contraddistinto da bassi costi ed elevata affidabilità.

- 5 La presente invenzione è stata descritta in relazione a forme di attuazione preferite, ma varianti equivalenti possono essere concepite senza per questo uscire dell'ambito di protezione delle rivendicazioni che seguono.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di deposizione a plasma impulsato, comprendente un apparato per la generazione di plasma (3), un bersaglio (4) ed un substrato (6), detto
5 apparato (3) essendo atto a generare un fascio di elettroni impulsato diretto verso detto bersaglio (4) per determinare l'ablazione del materiale di detto bersaglio (4) in forma di una piuma di plasma (16) diretta verso detto substrato (6), **caratterizzato dal**
10 **fatto che** comprende un gruppo di trasporto e focalizzazione (13) del fascio di elettroni verso detto bersaglio (4), interposto tra detto apparato per la generazione di plasma (3) e detto bersaglio (4).
2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, in cui
15 detto gruppo di focalizzazione e trasporto (13) comprende un cono di trasporto (14).
3. Dispositivo secondo la rivendicazione 2, in cui detto apparato per la generazione di plasma (3) comprende un elemento cavo (7) avente una cavità
20 interna (8) nella quale è alimentato un gas, un elettrodo di attivazione previsto all'interno di detto elemento cavo (7), un elemento tubolare (12) che comunica con detto elemento cavo (7).
4. Dispositivo secondo la rivendicazione 3, in cui
25 detto cono di trasporto (14) è collegato all'estremità

di detto elemento tubolare (12).

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 3 o 4, in cui detto elemento tubolare (12) è costituito da un tubo capillare.

5 6. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 2-5, in cui detto gruppo di trasporto e focalizzazione (15) comprende un elettrodo di focalizzazione (15).

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 6, in cui detto elettrodo di focalizzazione (15) è direttamente
10 collegato a detto cono di trasporto (14).

8. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 6-7, in cui detto elettrodo di focalizzazione (15) è conformato sostanzialmente ad anello.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione precedente,
15 in cui l'asse di simmetria (16) di detto elettrodo di focalizzazione (15) è perpendicolare, o sostanzialmente perpendicolare, alla superficie del bersaglio (4).

10. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 6-9, in cui detto elettrodo di focalizzazione (15) comprende
20 un canale (17), atto a porre in comunicazione detto cono di trasporto (14) con il volume interno di detto elettrodo di focalizzazione (15).

11. Dispositivo secondo la rivendicazione precedente, in cui detto canale (17) è previsto attraverso lo
25 spessore di detto elettrodo di focalizzazione (15).

12. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 10,11, in cui l'asse di detto canale (17) è inclinato di un angolo (α) rispetto all'asse di simmetria (16) di detto elettrodo di focalizzazione (15).
- 5 13. Dispositivo secondo la rivendicazione precedente, in cui detto angolo (α) è 10-80°.
14. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 6-13, in cui detto elettrodo di focalizzazione (15) è atto a determinare la curvatura della traiettoria del fascio
10 di elettroni, grazie al campo elettrico esistente tra detto bersaglio (4) e detto elettrodo di focalizzazione (15).
15. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 6-14, in cui la distanza tra detto bersaglio (4) e detto
15 elettrodo di focalizzazione (15) è nell'intervallo 4-30 mm.
16. Dispositivo secondo una delle rivendicazioni 6-15, in cui detto elettrodo di focalizzazione (15) è collegato ad un circuito di autopolarizzazione (20).

CLAIMS

1. Pulsed plasma deposition device, comprising a plasma generation apparatus (3), a target (4) and a substrate (6), said apparatus (3) being adapted to
5 generate a pulsed electron beam directed towards said target (4) for determining the ablation of the material of said target (4) in form of a plasma plume (16) directed towards said substrate (6), **characterized in that it** comprises a group (13) for conveying and
10 focusing the electron beam towards said target (4), interposed between said plasma generation apparatus (3) and said target (4).
2. Device according to claim 1, wherein said focusing and conveyor group (13) comprises a conveyor cone (14).
- 15 3. Device according to claim 2, wherein said plasma generation apparatus (3) comprises a hollow element (7) having an internal recess (8) in which there is supplied a gas, an activation electrode provided within said hollow element (7), a tubular element (12) which
20 communicates with said hollow element (7).
4. Device according to claim 3, wherein said conveyor cone (14) is connected to the end of said tubular element (12).
5. Device according to claim 3 or 4, wherein said
25 tubular element (12) consists of a capillary tube.

6. Device according to one of claims 2-5, wherein said conveyor and focusing group (15) comprises a focusing electrode (15).

7. Device according to claim 6, wherein said focusing electrode (15) is directly connected to said conveyor cone (14).

8. Device according to one of claims 6-7, wherein said focusing electrode (15) is substantially configured loop-like.

9. Device according to the preceding claim, wherein the symmetric axis (16) of said focusing electrode (15) is perpendicular, or substantially perpendicular, to the surface of the target (4).

10. Device according to one of claims 6-9, wherein said focusing electrode (15) comprises a channel (17), adapted to place said conveyor cone (14) in communication with the internal volume of said focusing electrode (15).

11. Device according to the preceding claim, wherein said channel (17) is provided through the thickness of said focusing electrode (15).

12. Device according to one of claims 10, 11, wherein the axis of said channel (17) is inclined by an angle (α) with respect to the symmetry axis (16) of said focusing electrode (15).

13. Device according to the preceding claim, wherein said angle (α) is 10-80°.

14. Device according to one of claims 6-13, wherein said focusing electrode (15) is adapted to determine
5 the curving of the trajectory of the electron beam, due to the electric field existing between said target (4) and said focusing electrode (15).

15. Device according to one of claims 6-14, wherein the distance between said target (4) and said focusing
10 electrode (15) is in the range of 4-30 mm.

16. Device according to one of claims 6-15, wherein said focusing electrode (15) is connected to a self-bias circuit (20).

