

Plasmaquelle

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Plasmaerzeugungseinrichtung zur Erzeugung eines Plasmas und ein Verfahren zur Erzeugung eines Plasmas in einer Vakuumbeschichtungsanlage zum Beispiel zum Zwecke des Plasmaätzens, Heizens, Nitrierens und Abscheidens von Schichten mittels PE-CVD Prozessen.

Die Erfindung basiert auf einer Plasmaquelle welche nach dem Prinzip der thermischen Elektronenemission und dem Anlegen einer negativen Spannung an einen beheizten Emitter (Schottky Effekt) oder nach dem Prinzip einer Hohlkathodenplasmaquelle funktioniert. Erfindungsgemäss wird für die Plasmaerzeugungseinrichtung als Anode ein elektrisch abgegrenzter Hohlraum verwendet, welcher beispielsweise am Vakuumrezipienten ausgestülpt angebracht wird. Dieser Hohlraum wird nach Abschalten des Plasmas durch einen shutter-Mechanismus verschlossen wodurch die Kontamination verursacht durch nachfolgende Prozessschritte vermieden wird. Vorzugsweise wird das Einschalten der Plasmaquelle durch Nebenwiderstände gewährleistet.

Die Erfindung wird nun im Detail und anhand der Figuren beispielhaft erläutert.

- Fig. 1: Plasmaerzeugungseinrichtung umfassend eine Plasmaquelle, eine Hohlanode sowie Zündhilfen
- Fig. 2: Darstellung der Ätzverteilung: Ätzrate als Funktion der Substratposition
- Fig. 3a-3f: Varianten der Anordnung von Plasmaquelle und Hohlanode
- Fig. 4: Anordnung der Plasmaquelle und Hohlanode bei Anlagen mit grösserer Beladungshöhe
- Fig. 5: Vielzahl von Anodenhohlkörpern mit Schalteinheit

Figur 1 zeigt eine erfindungsgemässe Plasmaerzeugungseinrichtung zur Behandlung von Werkstücken z.B. vor oder während der Beschichtung in einer Vakuumanlage. Gezeigt ist eine Vakuumkammer 3 mit einem über Isolatoren an dieser elektrisch isoliert angeflanschten Plasmaquellenhohlkörper 1 der Teil einer Plasmaquelle ist. Die Plasmaquelle umfasst weiterhin eine Elektronenemissionseinheit 5 welche als Mittel zur Erzeugung von freien Elektronen genutzt wird. Diese Mittel ragen in den Plasmaquellenhohlkörper 1 hinein, so dass die Elektronen im Plasmaquellenhohlkörper 1 erzeugt werden. Beispielsweise wäre ein Wolframfilament, welches auf eine Temperatur von ca. 2700-3000K gebracht wird, als solche Elektronenemissionseinheit 5 geeignet. Durch Anlegen einer negativen Spannung mit Hilfe einer Spannungsquelle 8 an die Elektronenemissionseinheit 5 werden diese zum

Elektronenemitter. Durch einen Gaseinlass 7a wird Gas in den Plasmaquellenhohlkörper 1 eingelassen. Das Gas wird durch die von der Elektronenemissionseinheit 5 erzeugten freien Elektronen ionisiert. Als Gas eignet sich z.B. Argon.

- 5 Der positive Pol der Spannungsquelle 8 wird über einen Plasmaquellennebenwiderstand (PSsR) mit dem Plasmaquellenhohlkörper 1 elektrisch verbunden. Beim Einschalten der Spannungsquelle kann über diesen Nebenwiderstand 6a Strom fließen wodurch es möglich wird, Energie in das Plasma im Plasmaquellenhohlkörper 1 einzuspeisen. Das dadurch im Plasmaquellenhohlkörper 1 entstehende Plasma erstreckt sich durch eine im
- 10 Plasmaquellenhohlkörper 1 vorgesehene Plasmaquellenöffnung 10 in dem Raum der Vakuumkammer 3 und erfüllt diesen.

- An die Vakuumkammer 3 über Isolatoren 4 elektrisch isoliert angeflanscht ist zusätzlich ein weiterer Hohlkörper der im folgenden als Anodenhohlkörper 2 bezeichnet wird. Die
- 15 Vakuumkammer 3 und der Anodenhohlkörper 2 sind durch eine Anodenöffnung 11 miteinander Verbunden. Der Anodenhohlkörper 2 ist elektrisch direkt mit dem positiven Pol der Spannungsquelle 8 verbunden. Im Anodenhohlkörper 2 ist ein Gaseinlass 7b vorgesehen durch den Gas in den Anodenhohlkörper 2 eingelassen wird. Dies kann zum Beispiel Argon sein.

20

- Zusätzlich ist die Wand der Vakuumkammer 3 über einen zweiten Nebenwiderstand 6b mit der Spannungsquelle 8 verbunden. Hierdurch wird ermöglicht, dass nun auch ein Entladestrom von der Elektronenemissionseinheit 5 zur Kammerwand fließen kann. Da der Anodenhohlkörper 2 direkt mit dem positiven Pol der Spannungsquelle 8 verbunden ist kann
- 25 kommt es vorzugsweise durch den Anodenhohlkörper 2 hindurch zur Entladung und es baut sich im Anodenhohlkörper Plasma auf. Dadurch schließt sich ein hochstromtauglicher Pfad welcher einen sehr hohen Entladungsstrom bei tiefer Spannung aufnehmen kann. Der Strom kann bis zu einigen 100 Ampere bei einer Spannung von ca. 16V bis 100V betragen.

- 30 Die Eigenschaften des so erzeugten Plasmas hängen sehr stark von der Plasmaquellenöffnung 10 und der Anodenöffnung 11 ab. Entlang dieser Öffnungen kommt es zur Beschleunigung von Elektronen durch einen Potentialfall und durch die anwesenheit von z.B. Argon Gasatomen zu einer sehr starken Ionisation desselben und zwar vor und innerhalb der Öffnungen. Diese Öffnungen haben vorzugsweise einen Durchmesser
- 35 zwischen 4mm und 30mm. Bevorzugt betragen die Durchmesser etwa 12mm. Der Abstand zwischen Plasmaquelle und Hohlanode liegt zwischen 200 bis 400mm. Der Abstand der Öffnungen von den zu behandelnden Substraten liegt zwischen 200 und 400mm.

Im vorliegenden Beispiel sind weitere typische Betriebsparameter:

Gaseinlass Argon:	50 – 200sccm in die Plasmaquelle und/oder Hohlanode
Entladestrom:	200A
5 Entladespannung Plasmaquelle:	16V – 30V
Entladespannung Hohlanode:	16 – 100V

Die in der Plasmaquelle und der Hohlanode umgesetzte Leistung muss durch entsprechende, dem Fachmann bekannte Massnahmen weggeführt werden (in Figur 1 nicht dargestellt).

Mittels der oben beschriebenen Plasmaerzeugungsvorrichtung ist es möglich ein stabiles Plasmaverfahren durchzuführen.

15 Die sonst notwendige Wartung vor jedem Prozessbeginn kann mit der erfindungsgemässen Plasmaerzeugungsvorrichtung entfallen insbesondere wenn die Anode mittels Blenden vor einer Beschichtung geschützt werden kann. Für den Ätzprozess wird die Blende vor der Anodenöffnung geöffnet, so dass sich in der Hohlanode ein Plasma etablieren kann. Für einen eventuell nachfolgenden Beschichtungsprozess, beispielsweise
20 Lichtbogenverdampfen oder Zerstäuben (sputtern) kann die Blende dann mittels eines Shutters geschlossen werden. Entsprechendes gilt für die Öffnung 10 der Plasmaquelle zur Vakuumkammer hin.

Da die Anode selbst aktiv als Plasmaquelle betrieben wird erhöht sich das Plasmavolumen
25 im Vergleich zum Stand der Technik. Die Plasmaerzeugungseinrichtung lässt sich beispielsweise vorteilhaft beim Plasmaätzen, Plasmaheizen und bei der PECVD Beschichtung einsetzen.

Beim Plasmaheizen kann beispielsweise Argon und Wasserstoff eingesetzt werden,
30 wodurch atomarer Wasserstoff erzeugt wird welcher eine hohe Reaktivität aufweist und sich beispielsweise zur Entfernung von organischen Rückständen eignet.

Im Rahmen der PE-CVD Beschichtung kann beispielsweise Argon als Spülgas für die Plasmaquelle und die Hohlanode verwendet werden. Wird im Rahmen der Beschichtung
35 beispielsweise C_2H_2 und/oder CH_4 oder Gas eines anderen Monomers oder Polymers in die Vakuumkammer gelassen so wird im Plasma un unter Verwendung einer negativen Substratspannung eine Kohlenstoff enthaltende Schicht, beispielsweise eine DLC Schicht

(diamond like carbon) abgeschieden. Sind die Öffnungen 10, 11 der Plasmaquelle und der Hohlanode entsprechend ausgestaltet so kommt dort es zu einer Überschallströmung. Dies zusammen mit der hohen Energiedichte bewirkt, dass es nicht zu einer Beschichtung der Plasmaquelle und/oder der Hohlanode kommt. Die entsprechenden innenflächen bleiben
5 daher im Wesentlichen unbeschichtet und somit elektrisch leitfähig, was ganz erheblich zur Prozessstabilität beiträgt.

Die Figur 3 zeigt Varianten der Anordnung von Plasmaquelle und Hohlanode welche die erfindungsgemässe Plasmaerzeugungsvorrichtung zeigt. Dabei deutet die Pfeilspitze immer
10 auf eine Hohlanode und das Pfeilende liegt in der Nähe einer Plasmaquelle. Die Verschaltung ist entsprechend Figur 1 zu legen. Figur 3a zeigt eine einfache anflanschung an die Seitenwand einer Vakuumkammer. Die Figuren 3b, 3c, 3d und 3f zeigt die Anflanschung von 2 Plasmaquellen und 2 Anoden, wobei die Stromrichtungen unterschiedliche räumliche Orientierungen aufweisen. Figur 3e stellt schematisch die
15 Anflanschung einer Plasmaquelle an der Decke der Vakuumkammer und die Anflanschung einer Hohlanode am Boden der Vakuumkammer dar. Bei Vakuumkammern mit grösserer Beladungshöhe können auch zwei erfindungsgemässe Plasmaerzeugungsvorrichtungen übereinander angeordnet werden. Entsprechendes ist in Figur 4 schematisch dargestellt.

20 Die in dieser Beschreibung erwähnten Nebenwiderstände 6a und 6b liegen vorteilhafter Weise zwischen einschliesslich 10 Ohm und 100 Ohm, besonders bevorzugt zwischen einschliesslich 20 Ohm und 50 Ohm.

Es kann vorteilhaft sein, nur das Plasma, welches am Anodenkörper erzeugt wird, zu nutzen.
25 Demgemäss werden in einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden eine Vielzahl von Anodenhohlkörpern durch mindestens einen Plasmaquellenhohlkörper durch gleichzeitiges oder sequenzielles oder überlappendes Einschalten der Schalter der Schaltereinheit 12 elektrisch angesteuert. Dies ist in Figur 5 dargestellt wobei die Mittel zum Zünden der Entladung der Einfachheit halber hier nicht dargestellt sind.

30 Gemäss einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann durch Einsatz von Magnetfeldern die Entladespannung an der Anode erhöht werden. Infolge davon kommt es zu einer Beschleunigung der am Eintrittsloch des Anodenhohlkörpers erzeugten Ionen und damit verbundenen Energiereichen Teilchen. Ebenso können am
35 Plasmaquellenhohlkörper Magnetfelder zum Einsatz kommen.

Die Figuren 6a und 6b zeigen einen Plasmahohlkörper und einen Anodenhohlkörper mit Mangfelderzeugungseinrichtung 13a und 13b.

Während das Magnetfeld des Plasmahohlkörper 13b eine Führung der Elektronen und damit der Ionen in den Vakuumrezipienten bewirkt, verursacht das Magnetfeld 13a am

5 Anodenhohlkörper eine Ablenkung der Elektronen und damit eine Erhöhung des Spannungsabfall vor der Anode (Hall Effekt). Dieses Potential beschleunigt wiederum die ionisierten Gasatome und verleihen diesen eine erhöhte Energie.

10

Bezugszeichenliste

	1	Plasmaquellen Hohlkörper
	2	Anodenhohlkörper
	3	Vakuumrezipient
15	4	Isolatoren
	5	Elektronenemissionseinheit (z.B. Filament und Speisung)
	6a	Nebenwiderstand Plasmaquelle
	6b	Nebenwiderstand Anode
	7a	Gaseinlass Plasmaquelle
20	7b	Gaseinlass Anode
	8	Spannungsquelle
	9a	Blende vor Anodenöffnung
	9b	Blende vor Plasmaquellenöffnung
	10	Öffnung der Plasmaquelle
25	11	Öffnung der Anode
	12	Schalteinheit
	13a	Magnetfeldmittel
	13b	Magnetfeldmittel

30

Ansprüche

1. Plasmaerzeugungsvorrichtung umfassend
 - eine Plasmaquelle mit Plasmaquellenhohlkörper (1) und Elektronenemissionseinheit (5)
- 5 welche es ermöglicht freie Elektronen in den Plasmaquellenhohlkörper zu emittieren
wobei der Plasmaquellenhohlkörper (1) einen ersten Gaseinlass (7a) und eine Plasmaquellenöffnung (10) aufweist, welche eine Öffnung zu einer Vakuumkammer bildet
 - sowie eine Anode mit Anodenhohlkörper (2), wobei der Anodenhohlkörper (2) einen zweiten Gaseinlass (7b) und eine Anodenöffnung (11) aufweist welche eine Öffnung zu der
- 10 Vakuumkammer bildet
 - und eine Spannungsquelle (8) deren negativer Pol mit der Elektronenemissionseinheit (5) verbunden ist und deren positiver Pol mit dem Anodenhohlkörper (2) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass der positive Pol der Spannungsquelle (8) zusätzlich über einen ersten Nebenwiderstand (6a) mit dem Plasmaquellenhohlkörper elektrisch verbunden
- 15 ist.
2. Plasmaerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der positive Pol der Spannungsquelle (8) über einen zweiten Nebenwiderstand (6b) mit der Vakuumkammer elektrisch verbunden ist.
- 20
3. Plasmaerzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Plasmaquellenöffnung (10) eine Blende (9p) vorgesehen ist mit welcher die Plasmaquellenöffnung bei Bedarf geschlossen werden kann.
- 25
4. Plasmaerzeugungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei bei der Anodenöffnung (11) eine Blende (9a) vorgesehen ist mit welcher die Anodenöffnung (11) bei Bedarf geschlossen werden kann.
- 30
5. Plasmaerzeugungsvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Plasmaquellenöffnung und/oder die Anodenöffnung so ausgebildet sind, dass sich bei Betrieb eine Überschallströmung durch die Öffnung und/oder die Öffnungen aufbauen kann.
- 35
6. Verfahren zur Beschichtung von Substraten mittels PE-CVD, wobei Mono- und oder Polymeres Gas in eine Vakuumkammer, die eine Plasmaerzeugungsvorrichtung umfasst eingelassen, wird und in der Vakuumkammer mittels der Plasmaerzeugungseinrichtung ein Plasma aufgebaut wird und die zu beschichtenden Substrate auf eine negative Spannung

gelegt werden, dadurch gekennzeichnet dass es sich bei der Plasmaerzeugungsvorrichtung um eine Plasmaerzeugungsvorrichtung nach Anspruch 5 handelt und dadurch weder der Innenraum des Plasmahohlkörpers noch der Innenraum des Anodenhohlkörpers beschichtet wird.