



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP C 23 C / 312 770 6

(22) 09.02.88

(44) 07.06.89

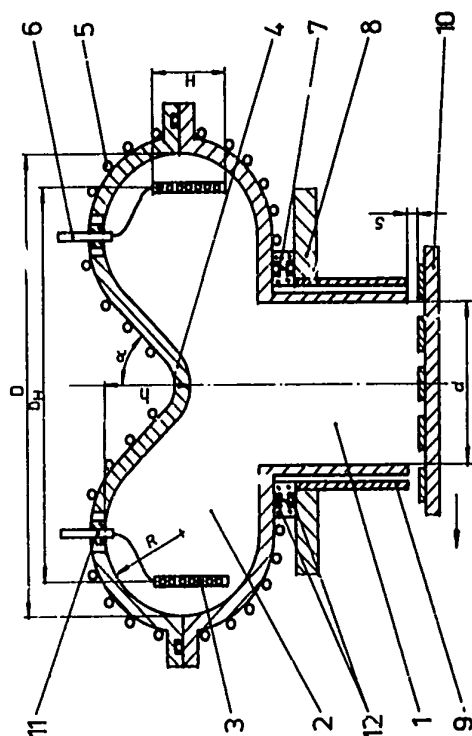
(71) VEB Robotron-Elektronik Dresden, Grunaer Straße 2, PSF 330, Dresden, 8010, DD

(72) Schubert, Gerhard, Dr. rer. nat.; Feldhofer, Friedhelm, Dr. rer. nat.; Kleineberg, Johann, Dr.-Ing.; Kuschel, Lutz, Dipl.-Phys.; Schulz, Dietger, Dipl.-Phys., DD

(54) Einrichtung zum Vorbehandeln von Substraten

(55) Vorbehandeln, Heizen, Sputterätzen, Substrate, Rezipient, Hohlkatode, torusförmig, Einstülpung, kegelförmig, Heizung, Kühlung

(57) Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Vorbehandeln von Substraten durch Heizen und HF-Sputterätzen mittels nur einer Station vor- bzw. während der Vakuumbeschichtung. Eine Hohlkatode besitzt eine torusförmige Erweiterung mit einer kegelförmigen Einstülpung in Richtung des Rohres. Die Innenflächen der Hohlkatode sind poliert. Eine Heizung ist in der torusförmigen Erweiterung isoliert in Durchführungen angebracht. Die torusförmige Erweiterung ist geteilt, gegeneinander abgedichtet und von außen gekühlt. Durch die speziell angeordneten Reflektorflächen wird die Licht- und Wärmestrahlung vollständig auf die Substratebene gelenkt. Der Flächengewinn des Kegelmantels erhöht die Ätzeffektivität. Figur



Patentanspruch

1. Einrichtung zum Vorbehandeln von Substraten, bestehend aus einem Rezipienten, einer geerdeten Substrataufnahme und eine gegenüber angeordnete auf HF-Potential liegende Hohlkatode, die aus einem Rohr mit einer Erweiterung besteht, dadurch gekennzeichnet, daß die Erweiterung (2) torusförmig ausgebildet ist und eine kegelförmige Einstülpung (4) in Richtung des Rohres (1) enthält, daß am äußeren Umfang der torusförmigen Erweiterung (2) eine Kühlanordnung (5) befestigt ist, daß die Innenflächen der Hohlkatode poliert sind und daß eine Heizung (3) vom Substrat aus gesehen verdeckt in der torusförmigen Erweiterung (2) angeordnet ist und die über Durchführungen (11) elektrisch angeschlossen ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenreflektorflächen der torusförmigen Erweiterung (2) ein parabolisches Profil besitzen und der Abstand der Parabeln $2 R$ beträgt.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die torusförmige Erweiterung (2) seitlich geteilt und gegeneinander abgedichtet und kontaktiert ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizung (3) als Wendelzylinder ausgebildet ist, der in axialer Richtung verschiebbar ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizung (3) als induktives Heizband ausgebildet ist.

- Hierzu 1 Blatt Zeichnung. -

Einrichtung zum Vorbehandeln von Substraten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Vorbehandeln von Substraten durch Heizen und HF-Sputterätzen vor bzw. während der Vakuumbeschichtung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Eine Vorbehandlung von Substraten in der Vakuumkammer dient vorwiegend dem Zweck durch Ausheizen von der metallischen bzw. isolierenden Substratoberfläche leichtflüchtige adsorbierte Schichten (z. B. Wasser, Lösungsmittelreste, Reste aus den Fotolackverarbeitungs- bzw. Ätzprozessen) zu desorbieren sowie durch Ionenbeschuß z. B. beim HF-Sputterätzen schwer flüchtige Fremdschichten (Oxidschichten, Kohlenwasserstoffe und andere Verunreinigungen) und einen geringen oberflächennahen Bereich der eigentlichen zu beschichtenden Oberfläche abzusputtern. Damit wird eine nahezu atomar saubere Oberfläche unmittelbar vor der Beschichtung erreicht.

Dabei erweist es sich für die Stabilität der HF-Entladung beim Sputterätzen als zweckmäßig, dem HF-Sputterätzen vor allem dann einen Heizprozeß voranzustellen, wenn eine stärkere Beladung der Substrate mit leichtflüchtigen Adsorbaten (z. B. Lösungsmittelreste aus der Dampfzonenwäsche oder Wasserbelegung aus der Kernschen Reinigung) vorliegt und durch den Ionenbeschuß eine lokale Freisetzung und damit eine Entstehung von Druckstößen begünstigt wird, die sich auf die Plasmastabilität und damit dem stabilen Ablauf des Sputterätzens negativ auswirkt. Aus diesem Grunde ist es von Vorteil, wenn man diese Bestandteile vor dem Sputterätzen abheizt.

Auch ist es für die Erzielung bestimmter physikalischer Eigenschaften notwendig, das Substrat auf eine definierte Temperatur zu bringen und diese Temperatur auch während des Beschichtungsprozesses zu halten.

Dazu werden Vorrichtungen benutzt, die eine separate Durchführung des Prozesses Heizen ermöglichen und die in einer Beschichtungsanlage jeweils eine Station erfordern. Vorderseitenheizungen bestrahlen dabei die Probe von vorn, wobei eine Verunreinigung der Substratoberfläche durch emittierende Heizerbestandteile bzw. eine Heizerbelegung erfolgen kann.

Rückseitenheizungen erwärmen das Substrat von der Rückseite und damit über die Halterung. Sie sind im allgemeinen träger, vermeiden jedoch oben genannte Verunreinigungen und sind bei Prozessen mit höchsten Reinheitsforderungen unerlässlich.

Für viele Anwendungszwecke, vor allem auf dem Sektor der Hybrid- und Sensortechnologie, reichen jedoch Vorderseitenheizungen aus. Das Sputtern erfolgt ebenfalls in separaten Stationen entweder mit geerdetem Ätz auffänger und auf HF-Potential liegendem Substrattisch oder nach PS-DE 2241 229 bzw. PS-DE 3116 732 bei geerdetem Substrat und auf HF-Potential liegender Hohlkatode.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, durch das Vorbehandeln von Substraten für die Gesamtprozeßführung, eine Station für einen zusätzlichen Prozeß zu gewinnen bzw. mit einfacheren Beschichtungsanlagen komplexere Gesamtprozesse zu ermöglichen. Gleichzeitig soll durch eine dadurch möglich gewordene ineinandergreifende Prozeßführung die Qualität und Effektivität der Schichtherstellung verbessert werden.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zu schaffen, mit der die Prozesse Heizen und Sputtern mittels nur einer Station in der Beschichtungsanlage gleichzeitig bzw. zeitlich versetzt möglich sind.

Die Einrichtung besteht aus einem Rezipienten, einer geordneten Substrataufnahme und einer gegenüber angeordneten auf HF-Potential liegenden Hohlkatode, die aus einem Rohr mit einer Erwei-

terung besteht. Erfindungsgemäß ist die Erweiterung torusförmig ausgebildet und besitzt eine kegelförmige Einstülpung in Richtung des Rohres. Am äußeren Umfang der torusförmigen Erweiterung ist eine Kühlanordnung befestigt. Die Innenflächen der Hohlkatode sind poliert. Eine Heizung ist von den Substraten aus gesehen verdeckt in der torusförmigen Erweiterung angeordnet und über Durchführungen elektrisch angeschlossen.

Eine weitere Ausgestaltung besteht darin, daß die Innenreflektorflächen der torusförmigen Erweiterung ein parabolisches Profil besitzen und der Abstand der Parabeln $2 R$ beträgt.

Eine Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die torusförmige Erweiterung seitlich geteilt, gegeneinander abgedichtet und kontaktiert ist.

Eine Ausgestaltung der Erfindung besteht darin, daß die Heizung als Wendelzylinder ausgebildet ist, der in axialer Richtung verschiebbar ist.

Eine weitere Ausgestaltung besteht darin, daß die Heizung als induktives Heizband ausgebildet ist.

Das Heizen der ruhenden bzw. bewegten Substrate erfolgt erfindungsgemäß so, daß durch einen entsprechenden Heizstrom die Heizung auf Temperaturen $T \geq 870 \text{ K}$ gebracht wird und die so erzeugte Licht- und Wärmestrahlung durch die speziell angeordneten Reflektorflächen infolge einer endlichen Zahl von Reflexionen fast vollständig auf die Substratebene gelenkt wird. Durch die weit zurückgesetzte Heizung ist keine direkte optische Verbindung zwischen Heizung und Substrattellerausschnitt möglich. Es wird erreicht, daß Substanzen, die von der Heizung abdampfen, nur schwer das Substrat erreichen und umgekehrt beim Sputterätzen in die Hohlkatode gelangende abgesputterte Substanzen die Heizung nicht erreichen und verunreinigen können.

Während des Sputterätzens wird in der Hohlkatode über den Gewindebolzen eine HF-Spannung angelegt. Die Zündung des Plasmas erfolgt bei laufender Heizung und einem Edelgasdruck von $p \approx 2 \cdot 10^{-2}$ mbar durch Anlegen eines Zusatzpotentials an die Heizung von ca. 80...150 V. Nach erfolgter Zündung kann dieses Potential wieder abgeschaltet werden.

Ein besonderer Effekt wird durch die kegelförmige Einstülpung erreicht. Da die Größe des Plasmapotentials in erster Linie vom Flächenverhältnis der beiden Elektrodenflächen, Fläche der Hohlkatode zu der der Substratkreisfläche des Durchmessers d , die dem Ätzer gegenübersteht, abhängt, wird durch den Flächen Gewinn des Kegelmantels ein höheres Plasmapotential erzielt und damit die Ätzeffektivität verbessert. Das "Kaltzünden" des Plasmas kann mit Hilfe einer Nebeneinrichtung, bei der nur ein kleiner Teil der Heizung mit einem Heizstrom beauftragt wird, erfolgen.

Beim Übergang vom Heizen zum Sputterätzen bzw. Heizen und Sputterätzen ist der Edelgasdruck einzustellen und durch Anlegen des Zusatzgleichpotentials die Emission von Elektronen bei angelegtem HF-Potential in Gang zu setzen. Nach erfolgter Zündung muß das Zusatzgleichpotential abgeschaltet und je nach Erfordernis die Heizung abgeschaltet oder belassen werden.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, daß die Prozesse Heizen und Sputterätzen mit einer Einrichtung vor bzw. während der Beschichtung durchgeführt werden können. Auf diese Weise wird für die Gesamtprozeßführung eine Station für einen zusätzlichen Prozeß gewonnen, so daß neue Materialvarianten möglich sind. Mit einfacheren Beschichtungsanlagen werden komplexere Gesamtprozesse ermöglicht. Es kommt zur Erhöhung der Variabilität und damit Qualität ohne wesentliche zusätzliche Kosten, gleichzeitig wird durch eine dadurch möglich gewordene ineinandergreifende Prozeßführung die Qualität und Effektivität der Schichtherstellung verbessert.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die Zeichnung zeigt die Einrichtung im Schnitt. Die Einrichtung besteht aus einem Rezipienten 8, einer geerdeten Substrataufnahme 10 und einer gegenüber auf HF-Potential liegenden Hohlkatode. Die Hohlkatode ruht auf einem massiven Isolator 7 und ist vakuummäßig beidseitig durch Rundringe 12 abgedichtet. Im Rezipienten 8 ist die Abschirmung 9 ersichtlich. Zwischen der Hohlkatode und der Substratebene wird der Entladungsspalt S gebildet. Die Hohlkatode besteht aus einem Rohr 1 und einer torusförmigen Erweiterung 2 mit einer kegelförmigen Einstülpung 4 in Richtung des Rohres 1, wobei die Innenflächen der Hohlkatode poliert sind. In der torusförmigen Erweiterung 2 ist am Umfang eine Heizung 3, vom Substrat aus verdeckt, angebracht. Die Reflektorflächen der Heizung 3 sind die polierten Innenflächen der torusförmigen Erweiterung 2 des Durchmessers D und des Radius R mit der kegelförmigen Einstülpung 4 der Höhe h und des Kegelwinkels $\alpha = 45^\circ$ in Richtung des Rohres 1. Die torusförmige Erweiterung 2 besteht aus zwei Teilen, die gegeneinander gedichtet und kontaktiert sind. Die Heizung 3 ist im Ausführungsbeispiel zweckmäßigerweise als Heizwendel mit einer zylindrischen Wicklung aus Mo- bzw. W-Draht mit dem Durchmesser D_H und der Wickelhöhe H ausgelegt. Mit d wird der Durchmesser der Substratkreisfläche bezeichnet, die der Hohlkatode gegenübersteht. Mit S wird der Entladungsspalt angegeben. Dabei gelten folgende geometrische Beziehungen:

$$\begin{aligned}
 D &> 5 R && \text{bzw.} \\
 h &> R; \alpha &= 45^\circ \\
 d &> D-4R \\
 D_H &\approx D-R \\
 2 R &> H &> R
 \end{aligned}$$

Die Heizung 3 ist beidseitig isoliert in der torusförmigen Erweiterung 2 gehalten und ist in axialer Richtung verschiebbar.

An der torusförmigen Erweiterung 2 sind außen eine Kühlung 5, ein massiver Gewindebolzen 6 für den HF-Anschluß sowie die Durchführungen 11 für die Heizung 3 angebracht. Als Heizung können auch Halogenlampen verwendet werden, die über den Umfang der torusförmigen Erweiterung 2 so verteilt sind, daß bei bewegten bzw. rotierenden Substrat eine gleichmäßige Radialverteilung der Temperatur zustande kommt. Es kann aber auch ein induktives Heizbandeingesetzt werden. Die Innenreflektorflächen der torusförmigen Erweiterung 2 besitzen beispielsweise ein parabolisches Profil, wobei der größte Abstand der Parabel 2 R beträgt.

Nachfolgend soll die Funktion der Einrichtung beschrieben werden. Das Heizen der ruhenden bzw. bewegten Substrate erfolgt erfindungsgemäß so, daß durch einen entsprechenden Heizstrom die Heizwendel auf Temperaturen $T \geq 870$ K gebracht wird und die so erzeugte Licht- und Wärmestrahlung durch die speziell angeordneten Reflektorflächen infolge einer endlichen Zahl an Reflexionen fast vollständig auf die Substratebene gelenkt wird. Das wird durch die besondere Gestaltung der Reflektorflächen und die Einhaltung der angegebenen Konstruktionsbedingungen erreicht. Da die oberen Wicklungen vor allem die achsennahen und die unteren rohrseitigen Wicklungen die achsenfernen Strahlungsanteile liefern, kann durch Verschiebung des gesamten Wendelzylinders in axialer Richtung die Radialverteilung der Strahlungsdichte im Substratbereich eingestellt werden und somit die Heizung 3 besser den gewünschten Arbeitsbedingungen angepaßt werden (ruhendes Substrat - bewegtes Substrat).

Durch die weit zurückgesetzte Heizwendel ist keine direkte optische Verbindung zwischen Heizwendel und Substrattellerausschnitt möglich. Es wird erreicht, daß Substanzen, die von den Heizwendeln abdampfen nur schwer das Substrat erreichen und umgekehrt beim Sputterätzen in die Hohlkatode gelangende abgesputterte Substanzen die Heizwendel kaum erreichen und verunreinigen können.

Während des Sputterätzens wird in die Hohlkatode über den HF-Gewindebolzen 6 eine HF-Spannung angelegt. Die Zündung des Plasmas erfolgt bei laufender Heizung und einem Edelgasdruck von $p \approx 2 \cdot 10^{-2}$ mbar durch Anlegen eines Zusatzgleichpotentials an die Heizwendel von ca. 80...150 V. Nach erfolgter Zündung kann dieses Potential wieder abgeschaltet werden.

Ein besonderer Effekt wird bei dieser Einrichtung durch die kegelförmige Einstülpung 4 erreicht. Da die Größe des Plasmapotentials in erster Linie vom Flächenverhältnis der beiden Elektrodenflächen, Fläche der Hohlkatode zu der der Substratkreisfläche des Durchmessers d , die dem Ätzer gegenübersteht, abhängt, wird durch den Flächengewinn des Kegelmantels ein höheres Plasmapotential erzielt und damit die Ätzeffektivität verbessert.

Ein "Kaltzünden" des Plasmas kann mit Hilfe einer nicht dargestellten Nebeneinrichtung, bei der nur ein kleiner Teil der Heizwendel mit einem Heizstrom beauftragt wird, erfolgen.

Vorteil dieser Einrichtung ist, daß die Prozesse Heizen und Ätzen mit ein und derselben Einrichtung parallel erfolgen können und damit ein schnellerer Durchlauf erfolgt. Beim Übergang vom Heizen zum Sputterätzen bzw. Heizen und Sputterätzen ist der Edelgasdruck einzustellen und durch Anlegen des Zusatzgleichpotentials die Emission von Elektronen bei angelegtem HF-Potential in Gang zu setzen. Nach erfolgter Zündung muß das Zusatzgleichpotential abgeschaltet und je nach Erfordernis die Heizung abgeschaltet oder belassen werden.

