



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 142 966

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Int. Cl.³

(11) 142 966 (44) 23.07.80 3(51) C 23 C 15/00
C 23 F 1/02
(21) WP C 23 C / 212 690 (22) 07.05.79

-
- (71) VEB Elektromat im VEB Kombinat Mikroelektronik, Dresden, DD
(72) Voigt, Reinhard; Schreiber, Hartmut, Dr.; Schade, Klaus,
Dr. Dipl.-Ing.; Teschner, Götz, Dipl.-Ing.; Wendler,
Günter, Dr. Dipl.-Ing., DD
(73) siehe (72)
(74) Herbert Fißler, VEB Elektromat, VEB Kombinat Mikroelektronik,
808 Dresden, Karl-Marx-Straße
-

- (54) Verfahren zur In situ - Vorbehandlung und zur Beschichtung
von Substraten mit dünnen Schichten
-

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Vakuumbeschichtung von Substraten mit metallischen, halbleitenden oder dielektrischen Schichten einschließlich einer plasmachemischen Vorbehandlung der Substrate unmittelbar vor der Beschichtung in ein und derselben Anlage, ohne diese zwischen beiden Prozessen öffnen zu müssen. Durch diese verkürzte Prozeßführung wird ein definierter Ausgangszustand der Substratoberfläche vor der Beschichtung geschaffen, der die elektronischen, mechanischen und optischen Eigenschaften der Grenzfläche und der aufzubringenden Schicht zu deren Vorteil beeinflusst. Mit der verfahrensgemäßen Anwendung werden die den bisher bekannten Verfahren anhaftenden Mängel, wie Vorbehandlungsschritt vor der Beschickung, zusätzliche In situ - Vor- und Nachbehandlungsschritte mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Bauelemente-Kenngrößen, beseitigt. Die Substratvorbehandlung wird so vorgenommen, daß diese in einer Gasentladung aktivierte gasförmige Bestandteile eines Halogenkohlenwasserstoffverbindungen und Inertgas enthaltenen Gasgemisches erfolgt. Gasdruck im Rezipienten, Potentialdifferenz zur Aufrechterhaltung der Entladung als auch der Abstand der Elektroden voneinander, sowie die Polarität der Elektroden und der Substrate sind dabei so gewählt, daß kein nennenswerter Beschuß der Substrate mit energiereichen Ionen erfolgen kann.

Verfahren zur In situ - Vorbehandlung und zur Beschichtung von Substraten mit dünnen Schichten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft die Vakuumbeschichtung von Substraten mit metallischen, halbleitenden oder dielektrischen Schichten einschließlich einer plasmachemischen Vorbehandlung der Substrate unmittelbar vor der Beschichtung in ein und derselben Anlage, ohne diese zwischen beiden Prozessen öffnen zu müssen. Durch eine solche Prozeßführung wird ein definierter Ausgangszustand der Substratoberfläche vor der Beschichtung geschaffen, der die elektronischen, mechanischen und optischen Eigenschaften der Grenzfläche und der aufzubringenden Schicht zu deren Vorteil beeinflußt.

Charakterisierung der bekannten technischen Lösungen

Die Vakuumbeschichtung von Substraten läuft derzeit mit der bekannten Folge von Arbeitsgängen ab:

- Beladen des Substratträgers und Schließen des Rezipienten
- Hochvakuum pumpen
- In situ - Vorbehandlung der Substrate
- Beschichten
- Abkühlen
- Belüften u. Öffnen des Rezipienten
- Entnahme der Substrate
- Thermische Nachbehandlung der Substrate

Die dabei wichtigsten Einflußgrößen sind, der Zustand der Substratoberfläche unmittelbar vor der Kondensation der schichtbildenden Teilchen, weiterhin die Beschichtungsparameter (Betriebsdruck, Beschichtungszeit, Kondensationsrate, Substrattemperatur) während der Beschichtung, sowie die thermische Nachbehandlung des Systems Substratschicht.

Auf frisch geätzten oder gespaltenen Oberflächen der meisten Substratmaterialien wächst bei Lagerung an der Luft eine zahlreiche Verunreinigungen (zum Beispiel Kohlenstoff) enthaltende Oxidschicht auf. Dieses Oxidwachstum ist bereits bei Raumtemperatur beobachtbar und führt zum Beispiel bei Silizium zur Bildung einer Gleichgewichtsschichtdicke von ca. 50 Å. Zusätzlich werden an der Oberfläche gasförmige und flüssige Stoffe, insbesondere Wasser, adsorbiert.

Die oxidischen Schichten, Verunreinigungen und adsorbierten Substanzen beeinflussen die Eigenschaften der Grenzfläche und der Schicht im allgemeinen negativ. Sie werden deshalb entweder in Vorbehandlungsschritten entfernt, oder ihr Einfluß wird durch eine thermische Nachbehandlung des Systems Substrat - Schicht zurückgedrängt bzw. eliminiert.

Als Vorbehandlungsverfahren vor der Beschichtung kommen derzeit folgende Methoden zur Anwendung: Reinigen mit Wasser, Reinigen mit organischen Lösungsmitteln, Trocknen, Ausheizen, Glimmreinigen und Reinigungsätzen.

Als Reinigungsätzen werden gegenwärtig naßchemische Verfahren, Gasphasenätzungen, Ionenätzen und reaktives Ionenätzen (US-PS 3 654 108), sowie plasmachemisches Ätzen, angewandt.

Übliche In situ - Vorbehandlungen sind das Ausheizen, das Glimmreinigen sowie das Ionenätzen wie in US-PS 3 640 811; DT-OS 1 521 262; DT-OS 2 426 880; DT-OS 2 609 115 entsprechend US-PS 3 981 791 näher beschrieben.

Je nach Anwendungsgebiet erfolgt eine Kombination der Vakuumbeschichtungstechniken Bedampfen, Zerstäuben und Niederdruck - CVD mit den genannten Vorbehandlungsverfahren und der thermischen Nachbehandlung.

Nachteilig bei der üblichen Prozeßführung ist die vorher genannte Prozeßschrittfolge.

Allen Vorbehandlungsmethoden vor der Beschickung haftet der Nachteil an, daß zur Einschränkung von Oxidation und Adsorption der Substratoberflächen zwischen der Vorbehandlung und der Beschickung bestimmte Anforderungen an die Lagerung der Substrate, gestellt werden und daß diese schädlichen Prozesse doch nicht völlig verhindert werden können. Aus diesem Grunde verlangen die Vorbehandlungsverfahren vor der Beschickung im allgemeinen zusätzlich eine In situ - Vorbehandlung durch Ausheizen.

Bei der In situ - Vorbehandlung durch Ausheizen werden von der Heizeinrichtung und anderen dabei erwärmten Teilen der Rezipienteninnenaufbauten, zum Beispiel auch der nicht zu beschichtenden Substratoberfläche, Verunreinigungen desorbiert, die direkt oder infolge einer Aktivierung bei der Beschichtung die Schichtparameter oder die Substrateigenschaften beeinträchtigen können.

Das Glimmreinigen, Ionenreinigen im Inertgas sowie das reaktive Ionenätzen, das heißt die Anwendung von Reinigungsverfahren bei denen die Art der Verfahrensführung (Einstellung von Gasdruck und Potentialdifferenz) eine wesentliche Energieaufnahme der Plasmaionen erlaubt, kann starke Schädigungen im Substrat bewirken, sodaß diese Methoden nur bedingt einsetzbar sind.

Weiterhin ist von Nachteil, daß bei diesen Verfahren durch Abtragen der Substrathalterungen Grenzflächen und Schichteigenschaften negativ beeinflußt werden.

Das Durchlegieren einer Restoxidschicht nach dem Beschichten ist mittels einer thermischen Nachbehandlung möglich, jedoch kann, bedingt durch bestimmte Materialkombinationen, der negative Einfluß von Restoxiden ebenso wie der Einfluß anderer Fremdstoffschichten oft nicht restlos eliminiert werden.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die plasmachemische Vorbehandlung der Substratoberfläche in einer verkürzten Prozessschrittfolge vorzunehmen und die Mängel des Standes der Technik zu eliminieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde ein Verfahren zur In situ - Vorbehandlung und Beschichtung zu schaffen, bei dem die den bekannten Verfahren anhaftenden Mängel, wie Vorbehandlungsschritte vor der Beschichtung, zusätzliche In situ - Vorbehandlungs- und Nachbehandlungsschritte mit den entsprechenden negativen Auswirkungen auf die Bauelementkenngrößen, beseitigt werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß zwischen plasmachemischer Vorbehandlung, die das Ätzen, Heizen und Aktivieren der Substratoberfläche beinhaltet und der Beschichtung derselben keine Vakuumunterbrechung erfolgt.

Die Vorbehandlung der Substrate wird, in an sich bekannter Weise so vorgenommen, daß die Substrate in der durch eine Gasentladung aktivierten Atmosphäre eines Halogenwasserstoffverbindungen und Inertgas enthaltenden Gasgemisches erfolgt.

Der Gasdruck im Rezipienten, die Potentialdifferenz zur Aufrechterhaltung der Entladung als auch der Abstand der Elektroden voneinander und gegebenenfalls der Abstand der Substrate von den Elektroden, sowie die Polarität der Elektroden und der Substrate sind dabei so gewählt, daß kein nennenswerter Beschuß der Substrate mit energiereichen Ionen erfolgen kann. Bei der Vorbehandlung werden Oxidschichten, Adsorbate und sonstige Verunreinigungen vollständig entfernt. Dabei werden Substrattemperaturen bis 250 °C erreicht, die sich bis zum Beginn der Beschichtung nicht wesentlich reduzieren.

Die Substrate sind direkt im Entladungsgebiet angeordnet, allerdings ist eine Anordnung derselben bei Verwendung einer durchbrochenen Elektrode außerhalb des Entladungsgebietes möglich. Eine zusätzliche Aufheizung der Substrate zwischen plasmachemischer Vorbehandlung und Beschichtung im Hochvakuum erfolgt durch Strahlungsheizung. Eine thermische Nachbehandlung der beschichteten Substrate kann in definierter Atmosphäre bei Normaldruck vorgenommen werden.

Eine besonders vorteilhafte Benutzung dieses Verfahrens ist bei der Metallisierung von Halbleiterbauelementen gegeben.

Ausführungsbeispiel

Der Gegenstand der Erfindung wird am Beispiel der Beschichtung von halbleitenden Siliziumsubstraten mit Aluminium zur Herstellung ohmscher Kontakte zwischen Halbleiter und Metallisierungsebene in den Kontaktfenstern näher erläutert.

Die Siliziumsubstrate mit dem im lithografischen Prozeß geöffneten Kontaktfenstern in der Maskierungsschicht aus Bor- beziehungsweise Phosphorsilikatglas werden, ohne einer speziellen Vorbehandlung vor der Beschichtung (zum Beispiel einem naßchemischen Überätzen) ausgesetzt werden zu müssen, in einen Vakuumrezipienten gebracht und in diesem einer plasmachemischen Vorbehandlung unterzogen. Die Ätzung der sich nach dem lithografischen Prozeß in den Kontaktfenstern erneut gebildeten Oxidschicht erfolgt mit CF_4 als Prozeßgas bei einem Druck von 160 Pa und einer Ätzrate von 2 - 10 nm/min für Borsilikatglas in einem durch HF-Entladung erzeugten Plasma. Nach dem Ende der plasmachemischen Vorbehandlung wird die Zufuhr des Ätzgases gestoppt und der Rezipient auf einen Druck < 1 Pa evakuiert. Danach wird der Rezipienteninnenaufbau, ohne den Vakuumprozeß unterbrechen zu müssen, so verändert, daß eine Beschichtung der Substrate durch Hochratezerstäuben von Aluminium möglich ist.

Als Prozeßgas wird hierzu Argon bei einem Druck von $1,3 \times 10^{-1}$ Pa verwendet, während die Substratträger rotieren, sodaß die Schicht sandwichartig aufwächst. Die Zeitspanne zwischen Ende der plasmachemischer Vorbehandlung und Beginn der Beschichtung beträgt zwischen 1 bis 3 Minuten. Nach dem Ende der Beschichtung wird die Argonzufuhr gestoppt und der Rezipient wieder evakuiert. Im Hochvakuum erfolgt die Abkühlung der Substrate auf Temperaturen unter 100°C ; anschließend wird der Rezipient mit einem geeigneten Gas geflutet und die Substrate werden entnommen.

Erfindungsanspruch

1. Verfahren zur In situ - Vorbehandlung und Beschichtung von Substraten mit dünnen Schichten, im wesentlichen bestehend aus den Teilschritten plasmachemische Vorbehandlung der Oberfläche der zu beschichtenden Substratoberfläche und Beschichtung der Substrate, gekennzeichnet dadurch, daß zwischen plasmachemischer Vorbehandlung beinhaltend das Ätzen, Heizen und Aktivieren der Substratoberfläche und Beschichtung derselben keine Vakuumunterbrechung erfolgt und die Vorbehandlung auf an sich bekannte Weise in einer durch eine Gasentladung aktivierten Atmosphäre eines Halogenkohlenwasserstoffverbindungen und Inertgas enthaltenden Gasgemisches erfolgt, sowie, daß der Gasdruck im Rezipienten und die Potentialdifferenz zur Aufrechterhaltung der Entladung, der Abstand der Elektroden voneinander und gegebenenfalls der, der Substrate von den Elektroden, sowie die Polarität der Elektroden und der Substrate so gewählt sind, daß kein nennenswerter Beschuß der Substrate mit energiereichen Ionen erfolgt und bei der Vorbehandlung Oxidschichten, Verunreinigungen und Adsorbate vollständig entfernt werden und die Substrattemperatur Werte bis 250 °C erreicht und daß diese Temperatur sich bis zu Beginn der Beschichtung nicht wesentlich reduziert.
2. Verfahren nach Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Substrate direkt im Entladungsgebiet oder bei Verwendung einer durchbrochenen Elektrode außerhalb des Entladungsgebietes angeordnet sind.
3. Verfahren nach Punkt 1 + 2, gekennzeichnet dadurch, daß eine zusätzliche Aufheizung der Substrate zwischen plasmachemischen Vorbehandlung und Beschichtung im Hochvakuum durch Strahlenheizung erfolgt.

4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß eine thermische Nachbehandlung der beschichteten Substrate in definierter Atmosphäre bei Normaldruck vorgenommen wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß dieses Verfahren unter anderem zur Metallisierung bei der Herstellung von HL-Bauelementen angewandt wird.