



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK
AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

PATENTSCHRIFT 1 50 479

Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes zum Patentgesetz

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

Patentbibliothek
des ADP

Int. Cl.³

(11) 150 479 (44) 02.09.81 3(51) C 23 C 15/00
H 01 L 21/203

21) WP C 23 C / 210 669 (22) 29.01.79

(71) siehe (72)

(72) Bruchlos, Hans, Dr. Dipl.-Chem.; Steinbeiß, Erwin, Dr.
Dipl.-Phys.; Ecke, Wolfgang, Dipl.-Phys.; Manzel, Martin,
Dr. Dipl.-Phys.; Pfeiffer, Rolf-Gerd, Dipl.-Phys., DD

(73) siehe (72)

(74) VEB Keramische Werke Hermsdorf, Büro für Schutzrechte,
6530 Hermsdorf, Friedrich-Engels-Straße 79

(54) Verfahren und Vorrichtung zum Aufbringen von dünnen Schichten

(57) Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren, unter Anwendung dessen dünne elektrisch leitende und/oder isolierende Schichten unter Verwendung einer Plasmatronentladung bei möglichst vollständiger Ausnutzung des Targetmaterials und bei einer nicht mit den übrigen Abscheideparametern gekoppelten Ratensteuerung abgeschieden werden, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens anzugeben. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß das zur Beschichtung dienende Targetmaterial in Form von gasförmigen Verbindungen vorzugsweise plasmatronseitig in die über dem Plasmatron brennende Entladung zugeführt wird. Die Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht aus einem an und für sich bekannten Plasmatron, in welchem ein oder mehrere Gaszuführungen angebracht sind, die den Austritt von zur Beschichtung dienenden gasförmigen Verbindungen in die über dem Target brennende Entladung ermöglichen, wobei zwischen der auf dem Plasmatron befindlichen Elektrode und der vor den Substraten befindlichen gitterförmigen Elektroden eine Hochfrequenzwechselspannung angelegt ist. - Figur -

Bruchlos, Dr. Hans
Ecke, Dipl.-Phys. Wolfgang
Manzel, Dr. Martin
Pfeiffer, Dipl.-Phys. Rolf-Gerd
Steinbeiß, Dr. Erwin

C 23 C 15/00
P 662/a
28. 12. 1978

-1-

Titel der Erfindung

Verfahren und Vorrichtung zum Aufbringen von dünnen Schichten

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Aufbringen von dünnen Schichten bei Drucken von 10^{-5} bis 1 Torr, vorzugsweise unter Verwendung magnetfeldverstärkter Entladungsvorrichtungen, insbesondere des Plasmatronotyps. Die nach der erfindungsgemäßen Lösung herstellbaren dünnen Schichten finden bevorzugt bei der Herstellung von Halbleiterbauelementen, die empfindlich für zu hohe Temperaturbelastungen und Strahlenschäden sind, Anwendung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es ist bekannt, daß durch die Einwirkung eines verdünnten ionisierten Gases (Plasma) auf einen festen Körper (Target) aus diesem Target kondensierbare Teilchen herausgelöst und auf ein Substrat als dünne Schicht abgeschieden werden können. Dieses, Kathodenzerstäubung genannte, Verfahren wird mit verschiedenen Formen der Plasmaerzeugung und -lokalisierung betrieben. Es kann eine hochfrequente Wechselspannung oder eine Gleichspannung zur Plasmaerzeugung benutzt werden, erstere vorzugsweise zur Zerstäubung isolierender Targets. Das Plasma kann durch Hilfselektroden und magnetische Felder in der Nähe des Targets konzentriert werden. Der Einsatz starker, inhomogener, vorzugsweise kreis- oder ellipsenförmig über der Targetoberfläche angeordneter Magnetfelder führt zu der besonders leistungsfähigen Plasmatron-Kathodenzerstäubungs-Vorrichtung. Alle Verfahren der

Kathodenzerstäubung können reaktiv ausgeführt werden, d. h. durch die Zufuhr eines oder mehrerer Reaktionsgase zum Plasma können die ausgelösten Teilchen im Gasraum oder auf der Substratoberfläche in andere kondensierbare Reaktionsprodukte überführt werden. Der Einsatz dieser Verfahren ist auf die Fälle beschränkt, bei denen die Substrate durch die Plasmaeinwirkung nicht unzulässig beeinflusst werden. Die Beschichtung von Halbleiterbauelementen als ausgewähltes Einsatzgebiet ist besonders kritisch. Die Plasmatron-Anordnung, bei der das Substrat außerhalb der wesentlichen Entladungszone gelagert ist, berücksichtigt die gewünschte Tendenz, Strahlungsschäden einzuschränken, noch am besten. In der Plasmatron-Anordnung ist jedoch die Flächenausnutzung des Targetmaterials gering. Um die Nachteile der geringen Flächenausnutzung des Targetmaterials zu vermeiden, sind eine Reihe von Verfahren und Vorrichtungen bekannt, mit Hilfe derer, zumeist allerdings mit relativ großem apparativen Aufwand (z. B. US-PS 3956093), versucht wird, die abzutragende Targetfläche zu vergrößern. Weiterhin ist ein Verfahren bekannt (DE-AS 2 528 103) bei dem sich das Targetmaterial in einem schmelzflüssigen Zustand befindet und es somit zu einer vollständigen Targetmaterialausnutzung kommt. Dieses Verfahren ist aber nur bei leichtschmelzenden Metallen anwendbar, da sonst der apparative Aufwand und die Verunreinigung der Schmelze unzulässig hoch werden. Die Steuerung der Abscheiderate über die Leistungsdichte der Entladung wirkt sich gleichzeitig auf die Eigenschaften der abgeschiedenen Schichten aus. Bei allen reaktiven plasma-gestützten Abscheidungstechniken, wie sie z. B. zur Abscheidung isolierender Passivierungsschichten auf Halbleiterbauelementen benötigt werden, ist nachteilig, daß die chemischen Reaktionen im Plasma und damit in sehr komplexer Weise auftreten und spezifische Abhängigkeiten der Erzeugung kondensierbarer Teilchen weder untersucht noch gezielt angestrebt werden können.

Ziel der Erfindung

Es ist das Ziel der Erfindung, die Mängel des Standes der Technik zu umgehen.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren anzugeben, unter Anwendung dessen dünne elektrisch leitende und/oder isolierende Schichten unter Verwendung einer Plasmatronentladung bei möglichst vollständiger Ausnutzung des Targetmaterials und bei einer nicht mit den übrigen Abscheideparametern gekoppelten Ratensteuerung abgeschieden werden. Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß unter Verwendung bekannter magnetfeldverstärkter Entladungsvorrichtungen, insbesondere des Plasmatronotyps, bei Drucken im Bereich von 10^{-5} bis 1 Torr, das zur Beschichtung dienende Targetmaterial in Form von gasförmigen Verbindungen vorzugsweise plasmatronseitig in die über dem Plasmatron brennende Entladung zugeführt wird. Zusätzlich können zwecks Abscheidung, insbesondere von isolierenden Schichten, reaktive Gase, die ebenfalls angeregt sein können, in den Rezipienten eingeleitet werden. Die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist derart aufgebaut, daß die Spalte zwischen entgegengesetzt polarisierten Magnetsystemen bekannter Plasmatronvorrichtungen mit einem geeigneten unmagnetischen Material versehen sind und unter diesen Spalten von seiten des magnetischen Rückschlusses ein oder mehrerer zur Gaszuführung dienende Öffnungen angebracht sind und sich auf dem Plasmatron eine den Gasaustritt direkt in die brennende Entladung ermöglichende, gleichspannungsmäßig geerdete Elektrode befindet, zwischen der und einer im Abstand von vorzugsweise der Hälfte des Plasmatronentladungsdurchmessers angeordneten, insbesondere gitterförmigen, die zu beschichtenden Substrate vorzugsweise elektrisch abschirmenden und auf die hinter ihr angeordneten Substrate aufzubringenden Schichtmaterialien durchlassenden, vorzugsweise gleichspannungsmäßig geerdeten Elektrode eine Hochfrequenzwechselspannung angelegt ist. Mit der erfindungsgemäßen Lösung wird erreicht, daß das gasförmige oder leicht in Gasform überführbare Targetmaterial grundsätzlich vollständig im Plasma angeregt werden kann und entsprechend der Natur der gasförmigen Verbindung unmittelbar durch Zersetzung im Plasma oder durch weitere Reaktionen mit anderen Gasbestandteilen in kondensierbare Teilchen übergeführt wird. Dabei erlaubt ein

geeigneter Aufbau von Anregungs- und Abscheidungsräumen sowie der Vakuum- und Strömungsverhältnisse eine reaktive Abscheidung durch Reaktion mit weiteren angeregten oder nicht angeregten Gasen im Gasvolumen oder auf der Substratoberfläche. Die Abscheidungsgeschwindigkeit wird durch unterschiedliche Wahl des Verhältnisses der gasförmigen Verbindung des Schichtbestandteiles und eines Inertgases im Gastarget ohne Änderung der übrigen Entladungsparameter des Plasmatrons, die meist noch gesondert die Schichtqualität beeinflussen, eingestellt. Unter Anwendung der erfindungsgemäßen Lösung lassen sich leicht, wie dem Fachmann ersichtlich ist, Mehrfachschichten gleicher oder unterschiedlicher chemischer Zusammensetzungen und gleicher oder unterschiedlicher elektrischer Leitfähigkeit herstellen.

Ausführungsbeispiel

Zur näheren Illustration der erfindungsgemäßen Lösung mögen folgende Ausführungsbeispiele dienen. Die dazugehörige Zeichnung zeigt den Querschnitt durch ein mit hochfrequenter Spannung betriebenes Plasmatron mit Gastarget und Anordnung der Substrate außerhalb der Gasentladung, das sich im Inneren eines Vakuumrezipienten befindet. Der Gaszuführungsteil ist in einem Rohr 1 aus isolierendem Material eingebaut, das zum Schutz gegen Verunreinigungseinbau in die aufzubringenden Schichten aus Quarzglas besteht. Der Innendurchmesser beträgt im Beispiel 55 mm. Die oberste, geerdete Elektrode 2 wird vom Nadelventil gebildet, das den Gaseinlaß durch den Anschluß 3 steuert. In einem genügend kleinen Abstand darunter (1,5 mm), so daß sich keine Entladung in dem Zwischenraum ausbilden kann, befindet sich die Abschirmung 4 des Magnetsystems, die sich gemeinsam mit der Scheibenelektrode 9 auf Hochfrequenzpotential (3 bis 4 MHz, 100 bis 5000 V) befindet, gleichspannungsmäßig aber vorzugsweise geerdet ist. Das Magnetsystem ist eine bekannte Plasmatronanordnung (Weicheisenplatte 5 zum rückseitigen Schluß der Feldlinien, äußerer Hartmagnetring 6, z. B. Nordpol nach unten axial magnetisiert, innerer Hartmagnetzylinder 7, z. B. Südpol nach unten axial magnetisiert) mit einer radialen Magnetfeldkomponente ca 1 cm

unterhalb des Magnetspaltes von $1,5 \cdot 10^{-2}$ bis $4 \cdot 10^{-2}$ Tesla. Das Innere des Magnetspaltes 8 ist mit einem unmagnetischen Metall, z. B. Al-Fasern oder -Kugeln, locker gefüllt, damit sich dort keine Streuentladung ausbildet. Abschirmung 4, Weicheisenplatte 5 und Scheibenelektrode 9 sind im Bereich des Magnetspaltes mit Bohrungen 10 ($\varnothing$ 2 mm) versehen, durch die das anzuregende Gas direkt aus dem Magnetspalt 8 in den Bereich größter Plasmadichte des Entladungsraumes 11, der von einem nicht näher dargestellten Rezipienten umgeben ist, eintritt. 20 mm unter der Scheibenelektrode 9 befindet sich eine Gitterelektrode 12, die für Hochfrequenz und auch vorzugsweise gleichspannungsmäßig geerdet ist. Die Gitterdrähte 13 sind Al-Drähte mit 0,5 mm $\varnothing$, die 1,5 mm voneinander entfernt sind. 8 mm unter der Gitterelektrode 12 befindet sich der rotierende und heizbare Substratträger 14. In dieser Anordnung können z. B. Siliziumoxidschichten auf Halbleiterbauelemente zu Maskierungs- und Passivierungszwecken bei niedriger Substrattemperatur (20 bis 400 °C) außerhalb des Plasmas abgeschieden werden. Über eine gesonderte Gasdosierung wird ein Hintergrunddruck von $3 \cdot 10^{-2}$ Torr Sauerstoff eingestellt. Als Gastarget wird 5 % Monosilan in Argon eingesetzt, über Nadelventil 2 wird der Gesamtdruck auf $6 \cdot 10^{-2}$ Torr erhöht. In der Entladung bilden sich SiH_x -Radikale, die kondensierbare Teilchen darstellen und sowohl im Gasraum als auch auf der Substratoberfläche durch den teilweise angeregten Sauerstoff zur SiO_2 -Schicht und Wasserdampf oxidiert werden. Ohne den Sauerstoff werden wasserstoffhaltige amorphe Si-Schichten abgeschieden, die z. B. als Material für Solarzellen bekannt sind. Mit einer Öldiffusionspumpe der Saugleistung 120 l/sec wird ein SiH_4/Ar -Durchsatz von 3 l/h (auf Normaldruck bezogen) und eine SiO_2 -Abscheiderate von 1,5 $\mu\text{m/h}$ erreicht. Eine höhere Pumpensaugleistung bringt eine Erhöhung der Abscheiderate durch größeren Massendurchsatz und darüber hinaus durch die Verringerung des Diffusionsbeitrages zum Massenstransport, der Verluste durch die Beschichtung der Wände des Entladungsraumes verursacht. Soll eine Schichtverbindung aus mehreren Komponenten, z. B. Borosilikatglas abgeschieden werden,

ist es möglich, die gasförmigen Targetmaterialien 5 % SiH_4 in Ar und 5 % B_2H_6 in Ar vor der Umwandlung in kondensierbare Teilchen in der Plasmatronvorrichtung zu mischen, z. B. im Verhältnis 8:1. Ebenfalls können beide gasförmige Targetmaterialien in zwei erfindungsgemäßen Entladungskammern getrennt eingeleitet werden. Dieses Verfahren hat den Vorteil, daß für beide Komponenten die jeweils günstigsten Anregungsbedingungen eingestellt werden können. Die beiden Gaszuführungssysteme und Entladungskammern stehen dann in spitzem Winkel zueinander und weisen auf die gemeinsamen Substrate. Weiterhin ist es möglich, nach der Abscheidung von 500 Å SiO_2 aus 5 % SiH_4 in Ar und O_2 , eine Schichtkomponente zu wechseln, z. B. den Sauerstoff durch Stickstoff zu ersetzen und so eine Mehrfachschicht aus SiO_2 und Si_3N_4 abzuscheiden, die die Diffusion von Verunreinigungen bekanntermaßen besonders gut unterbindet und den guten Zustand der Grenzfläche Si- SiO_2 erhält. Dabei kann die Schichtkomponente Sauerstoff bzw. Stickstoff durch einen oder mehrere getrennte Plasmatroneinrichtungen eingeleitet werden oder als Hintergrundatmosphäre im Rezipienten vorhanden sein. Die Partialdruckverhältnisse dieses Ausführungsbeispiels entsprechen wiederum den bei der einfachen SiO_2 -Abscheidung genannten Werten.

Erfindungsansprüche

1. Verfahren zum Aufbringen von dünnen Schichten unter Verwendung bekannter magnetfeldverstärkter Entladungsvorrichtungen, insbesondere des Plasmatronotyps bei Drucken im Bereich von 10^{-5} bis 1 Torr, dadurch gekennzeichnet, daß das zur Beschichtung dienende Targetmaterial in Form von gasförmigen Verbindungen vorzugsweise plasmatronseitig in die über dem Plasmatron brennende Entladung zugeführt wird.
2. Verfahren nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Abscheidung von Verbindungen insbesondere isolierenden Schichten auf den zu beschichteten Substraten, zusätzlich reaktive Gase in den Rezipienten und/oder plasmatronseitig in die Entladung eingelassen werden.
3. Verfahren nach Punkt 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwecks Abscheidung von Verbindungen, insbesondere isolierenden Schichten auf den zu beschichtenden Substraten, die Bestandteile dieser Verbindungen getrennt in mehreren Plasmatroneinrichtungen in einen der reaktiven Abscheidung dienenden Zustand angeregt werden.
4. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die als Targetmaterial dienende gasförmige Verbindung aus einer einzigen chemischen Verbindung gebildet wird.
5. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die als Targetmaterial dienende gasförmige Verbindung aus einem Gemisch chemischer Verbindungen gebildet wird.
6. Verfahren nach Punkt 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die als Targetmaterial dienenden gasförmigen Verbindungen zwecks Abscheidung von Mehrfachsichten unterschiedlicher Zusammensetzung jeweils getrennt und aufeinanderfolgend, in ein oder mehrere Plasmatroneinrichtungen eingeleitet werden und in der Entladung in den zur Abscheidung dienenden Zustand angeregt werden.

7. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Punkt 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Spalte zwischen entgegengesetzt polarisierten Magnetsystemen bekannter Plasmatronvorrichtungen mit einem geeigneten unmagnetischen Material versehen sind und unter diesen Spalten von seiten des magnetischen Rückschlusses ein oder mehrere zur Gasdurchführung dienende Öffnungen angebracht sind und sich auf dem Plasmatron eine den Gasaustritt direkt in die brennende Entladung ermöglichende, gleichspannungsmäßig geerdete Elektrode befindet, zwischen der und einer im Abstand von vorzugsweise der Hälfte des Plasmatronentladungsdurchmessers angeordneten insbesondere gitterförmigen, die zu beschichtenden Substrate vorzugsweise elektrisch abschirmenden und auf die hinter ihr angeordneten Substrate aufzubringenden Schichtmaterialien durchlassenden, vorzugsweise gleichspannungsmäßig geerdeten Elektrode eine Hochfrequenzwechselspannung angelegt ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

