



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 280 198 A1

4(51) H 01 J 3/04

PATENTAMT der DDR

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21)	WP H 01 J / 326 066 3	(22)	28. 02. 89	(44)	27. 06. 90
(71)	Akademie der Wissenschaften der DDR, Otto-Nuschke-Straße 22/23, Berlin, 1080, DD				
(72)	Albrecht, Günter, Prof. Dr. rer. nat. habil. Dr. h. c.; Müssig, Hans-Joachim, Doz. Dr. sc. nat.; Rohrbeck, Wolfgang, Dr. sc. techn., DD				
(54)	Verfahren zur selektiven Abscheidung oder Implantation von neutralen Teilchen oder Ionen				

(55) selektiv; Abscheidung; Implantation; Ionen; neutrale Teilchen; Atome; Atomgruppen; Elektrode; Raster-Tunnel-Mikroskop; Substrat; Kristalloberfläche

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur selektiven Abscheidung oder Implantation von neutralen Teilchen oder Ionen und soll insbesondere der Abscheidung bzw. Implantation einzelner Atome, Atomgruppen oder Ionen auf bzw. in definierten Stellen von Kristalloberflächen bzw. oberflächennahen Bereichen dienen. Erfindungsgemäß werden unter Ultrahochvakuumbedingungen Teilchen des abzuscheidenden bzw. zu implantierenden Stoffes zwischen die spitze Elektrode einer Raster-Tunnel-Mikroskop-Anordnung und eine leitende Substratoberfläche gebracht. Es wird ein solch hohes elektrisches Feld angelegt, daß die neutralen Teilchen in unmittelbarer Nähe der positiven Spitze ionisiert werden und die Ionen durch das elektrische Feld beschleunigt auf das Substrat bewegt und dort in Abhängigkeit von ihrer Energie abgeschieden oder implantiert werden. Die Menge der abgeschiedenen oder implantierten Ionen wird durch Messung des Substratstromes bestimmt.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur selektiven Abscheidung oder Implantation von neutralen Teilchen oder Ionen auf bzw. in definierten Stellen von Kristalloberflächen bzw. oberflächennahen Bereichen, **dadurch gekennzeichnet**, daß unter Ultrahochvakuumbedingungen neutrale Teilchen oder Ionen des abzuscheidenden oder zu implantierenden Stoffes zwischen die spitze Elektrode einer Raster-Tunnelmikroskop-Anordnung und eine leitende Substratoberfläche gebracht werden, daß ein solch hohes elektrisches Feld angelegt wird, daß die neutralen Teilchen in unmittelbarer Nähe der positiven Spitze ionisiert und die Ionen durch das elektrische Feld beschleunigt auf das Substrat bewegt und dort in Abhängigkeit von ihrer Energie abgeschieden oder implantiert werden und daß die Menge der abgeschiedenen bzw. implantierten Ionen durch Messung des Substratstromes bestimmt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß nach Erreichen der vorgeschriebenen Teilchenmenge der Abstand und die Spannung zwischen Spitze und Substrat so eingestellt werden, daß eine Kontrolle der Abscheidung bzw. Implantation mit Hilfe der bekannten Funktionsweise des Raster-Tunnelmikroskops erfolgen kann.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Abscheidung bzw. Implantation der Abstand zwischen Spitze und Substrat höchstens gleich dem Spitzenradius gewählt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein impulsartiger Wechsel zwischen den Bedingungen für die Abscheidung bzw. Implantation und für die Beobachtung mit Hilfe des Raster-Tunnelmikroskops vorgenommen wird.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung ist zur Abscheidung oder Implantation einzelner Atome, Atomgruppen oder Ionen auf bzw. in definierten Stellen von Kristalloberflächen bzw. oberflächennahen Bereichen geeignet.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Mit dem erkennbaren Trend zur Herstellung künstlicher Festkörperstrukturen, z. B. im Zusammenhang mit der Erhöhung der Dichte mikroelektronischer Bauelemente, ist es erforderlich, wenige Atome oder Ionen auf ebenen, nicht isolierenden Substraten derart abzuscheiden bzw. in oberflächennahe Bereiche zu implantieren, daß submikroskopische laterale Abstände von weniger als 100 nm erzielt werden.

Die bisher bekannten und genutzten Technologien wie Ionenimplantation, strahlungsunterstützte Diffusion, Rückstoßimplantation, Verfahren mit zusätzlicher Beschleunigung von Neutralteilchen und laserinduzierte Abscheidung bzw. Dotierung sind vor allem durch eine großflächige Bearbeitung gekennzeichnet.

Das Verfahren der laserinduzierten Abscheidung bzw. Dotierung gestattet z. B. Schichtabscheidungen bis hin zu Teilen einer Atom- bzw. Moleküllage, ist aber nicht geeignet, laterale Strukturen, die kleiner als die Wellenlänge des verwendeten Lichts sind, zu erzeugen. Die untere Grenze der Breite von Strukturelementen beträgt folglich etwa 100 nm.

Auch mit Elektronen- oder Ionenstrahlverfahren lassen sich laterale Strukturen nicht wesentlich unter 100 nm realisieren.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, die Deposition von Teilchen mit hoher räumlicher Auflösung durchführen zu können, wie sie z. B. bei der weiteren Erhöhung der Dichte mikroelektronischer Bauelemente erforderlich wird.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, laterale Strukturen zu erzeugen, die wesentlich kleiner als 100 nm sind.

Erfindungsgemäß wird das bei einem Verfahren zur Abscheidung oder Implantation von neutralen Teilchen oder Ionen auf bzw. in definierten Stellen von Kristalloberflächen bzw. oberflächennahen Bereichen dadurch erreicht, daß unter Ultrahochvakuumbedingungen neutrale Teilchen oder Ionen des abzuscheidenden oder zu implantierenden Stoffes zwischen die spitze Elektrode einer Raster-Tunnelmikroskop-Anordnung und eine leitende Substratoberfläche gebracht werden, daß ein solch hohes elektrisches Feld angelegt wird, daß die neutralen Teilchen in unmittelbarer Nähe der positiven Spitze ionisiert und die Ionen durch das elektrische Feld beschleunigt auf das Substrat bewegt und dort in Abhängigkeit von ihrer Energie abgeschieden oder implantiert werden und die Menge der abgeschiedenen bzw. implantierten Ionen durch Messung des Substratstromes bestimmt wird. Nach Erreichen der vorgeschriebenen Teilchenmenge können Abstand und Spannung zwischen Spitze und Substrat so eingestellt werden, daß eine Kontrolle der Abscheidung bzw. Implantation mit Hilfe der bekannten Funktionsweise des Raster-Tunnelmikroskops erfolgen kann.

Die Bedingungen zur Abscheidung bzw. Implantation werden durch den Spitzenradius, den Abstand zwischen Spitze und Substrat sowie durch die angelegte Spannung bestimmt. Es ist zweckmäßig, daß zur Abscheidung bzw. Implantation der Abstand zwischen Spitze und Substrat höchstens gleich dem Spitzenradius gewählt wird. Bei einem Spitzenradius von 50 nm, einem Abstand zwischen Spitze und Substrat von 25 nm und einer Spannung von 200 V kann im Scheitelpunkt der Spitze eine Feldstärke von etwa 1×10^{10} V/m erreicht werden, die für die Feldionisation ausreichend ist.

Es ist weiterhin zweckmäßig, daß ein impulsartiger Wechsel zwischen den Bedingungen für die Abscheidung bzw. Implantation und für die Beobachtung mit Hilfe des Raster-Tunnelmikroskops vorgenommen wird. Auf diese Weise ist es möglich, in der Betriebsweise des Raster-Tunnelmikroskops den zu implantierenden Bereich zu suchen und danach gemäß den Implantationsbedingungen den Abstand zwischen Spitze und Substrat zu vergrößern, die elektrische Spannung umzupolen und einzustellen.

Mit dem vorgeschlagenen Verfahren ist es möglich, Abscheidungen bzw. Dotierungen in Abmessungen durchzuführen, die bisher technologisch nicht erreichbar waren. Das Verfahren erlaubt Depositionen mit lateralen Auflösungen im nm-Bereich und vertikale Auflösungen bis zu Teilen einer Atomlage.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll in einem Ausführungsbeispiel anhand einer Zeichnung erläutert werden. Die dort dargestellte Anordnung hat wesentliche Baugruppen eines Raster-Tunnelmikroskops. So ist eine Einrichtung 1 zur Feinpositionierung einer spitzen Elektrode 4 mit Verstellvorrichtungen 6, 7 und 8 für die x-, y- und z-Richtung vorgesehen. Weiterhin ist eine Substrathalterung 5 mit einer zugehörigen Vorrichtung zur Schwingungsdämpfung 15, mit einem Koordinatentisch 9 zur Grobpositionierung sowie mit einer Temperatursteuerung 11 vorhanden. Zugeordnet ist ein Meß- und Steuersystem 2 mit einer elektronisch gesteuerten Strom/Spannungsquelle und einem Rechner. Als Ausgabeeinrichtungen sind ein x,y-Schreiber 12 und ein Monitor 13 vorhanden. Dem Bereich der Substrathalterung 5 und der spitzen Elektrode 4 ist eine Ionenquelle 3 zugeordnet, die durch eine Atomstrahlquelle ergänzt oder ersetzt werden kann. Mindestens die Baugruppen 3, 4, 5 sind in einem UHV-Rezipienten 14 angeordnet, dessen Evakuierung mit Hilfe einer Anordnung 10 erfolgt.

Nachdem im Rezipienten UHV-Bedingungen hergestellt worden sind, werden die Elektrode 4 und die Substrathalterung 5 zueinander positioniert. Dabei erfolgt eine Grobpositionierung der Substrathalterung bezüglich der Elektrode 4 mit dem Koordinatentisch 9. Zur Feinpositionierung wird die Elektrode 4 mit Hilfe der Einrichtung 1 relativ zum Substrat verschoben. Nach Abschluß der Positionierung wird die Spannung zwischen der Elektrode 4 und dem Substrat so eingestellt, daß die aus der Ionen- bzw. Atomstrahlquelle 3 austretenden Ionen bzw. Atome mit submikroskopischer Genauigkeit auf der negativen Substratoberfläche abgeschieden bzw. in oberflächennahe Bereiche implantiert werden. Durch Messung des Substratstromes kann die Menge der abgeschiedenen Ionen bestimmt werden. Nach Erreichen der vorgesehenen Teilchenmenge wird die Spannung abgeschaltet.

Eine weitere Kontrolle der Abscheidung kann nun dadurch erfolgen, daß die Anordnung auf die Betriebsweise als Raster-Tunnelmikroskop umgeschaltet wird.

