



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 60 601 A1** 2004.06.24

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 60 601.3**  
(22) Anmeldetag: **23.12.2002**  
(43) Offenlegungstag: **24.06.2004**

(51) Int Cl.7: **H01J 37/02**  
**H01J 29/84, H05F 3/04**

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

(71) Anmelder:  
**Infineon Technologies AG, 81669 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Lutz, Tarek, 80798 München, DE**

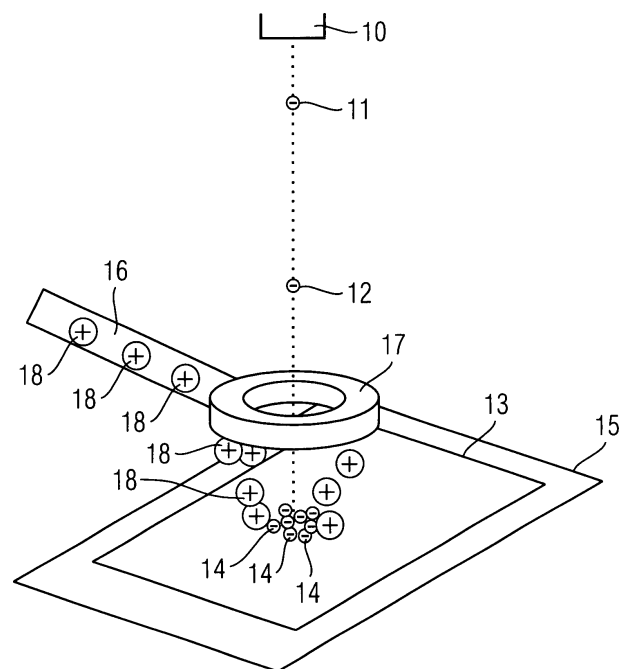
(74) Vertreter:  
**PAe Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR,  
80801 München**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Elektronenstrahlvorrichtung und Verfahren zur Vermeidung einer Oberflächenladung auf einer Oberfläche in einer Elektronenstrahleinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung stellt eine Elektronenstrahlvorrichtung bereit mit: einer Elektronenquelle (10) zum Erzeugen eines Elektronenstrahls (11) in einer abgeschlossenen Vakuumkammer, welcher auf einen Auftreffbereich einer Oberfläche (13) trifft; einer Ionenquelle (17) zum Bereitstellen positiv geladener Ionen (18) in der Nähe des Auftreffbereichs, so daß Sekundär- und/oder Rückstreuelektronen (14) des Elektronenstrahls (11) mit den positiv geladenen Ionen (18) rekombinieren. Die vorliegende Erfindung stellt ebenfalls ein Verfahren zur Vermeidung von Oberflächenladungen (14) auf einer Oberfläche (13) in einer Elektronenstrahleinrichtung bereit.



## Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Elektronenstrahlvorrichtung und ein Verfahren zur Vermeidung einer Oberflächenladung auf einer Oberfläche in einer Elektronenstrahleinrichtung, und insbesondere eine Elektronenstrahlvorrichtung zur Belichtung einer Maske für die Herstellung integrierter Schaltungen.

[0002] Elektronenstrahlvorrichtungen werden beispielsweise für Halbleiter-Herstellungsprozesse insbesondere bei der Strukturierung von Masken eingesetzt. Um möglichst kleine Strukturen der Maske mit der Elektronenlithographie zu generieren, ist es erforderlich, zur Belichtung einer Photolackschicht, welche für nachfolgende Prozessschritte als Maske dient, Elektronen einzusetzen, welche mit einer hohen Spannung beschleunigt werden. Aus der hohen Beschleunigungsspannung folgt eine hohe Geschwindigkeit der Elektronen, wodurch eine gewünschte kleine äquivalente Wellenlänge der Primärelektronen des Elektronenstrahls folgt, die Auflösung steigt und dementsprechend feinere Strukturen im Photolack erzeugbar sind. Darüber hinaus sind stark beschleunigte Elektronen eines Elektronenstrahls mit einer höheren Energie versehen, können tiefer in die Photolackschicht eindringen und werden außerdem besser in Vorwärtsrichtung gestreut, wodurch präzisere Strukturkanten in der Photolackmaske vorsehbar sind.

[0003] Neben den beschleunigten Primärelektronen des Elektronenstrahls entstehen in der Elektronenlithographie beim Lackbelichten jedoch auch Sekundär- und/oder Rückstreu- bzw. Backscatter-Elektronen. Diese im Herstellungsprozeß unerwünschten, parasitären Elektronen führen zu statischen Aufladungen auf der elektrisch isolierenden Lackoberfläche. Diese statischen Aufladungen bleiben auf der Lackoberfläche erhalten und führen zu einer Ablenkung des Elektronenstrahls an einer solchen unerwünschten Oberflächenladung. Darüber hinaus beeinflusst diese Oberflächenladung den Primärelektronenstrom des Elektronenstrahls, welches sich in Stromschwankungen und somit Strukturgrößen-schwankungen (CD uniformity) und/oder Positions-(Registrations)-schwankungen der Photolackmaske niederschlägt. Da in der Maskentechnik Pattern-Generatoren mit einer erhöhten Elektronenbeschleunigungsspannung von beispielsweise 50 kV erst seit kurzer Zeit Verwendung finden, ist bisher noch keine Kompensationsmöglichkeit der Oberflächenladung bekannt.

## Aufgabenstellung

[0004] Es ist deshalb Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Elektronenstrahlvorrichtung und ein Verfahren zur Vermeidung einer Oberflächenladung auf einer Oberfläche in einer Elektronenstrahleinrichtung bereitzustellen, wodurch eine Ablenkung eines

auf eine Oberfläche auftreffenden Elektronenstrahls durch auftretende Oberflächenladungen verhindert wird.

[0005] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im Anspruch 1 angegebene Elektronenstrahlvorrichtung und für ein Verfahren zur Vermeidung einer Oberflächenladung auf einer Oberfläche in einer Elektronenstrahleinrichtung nach Anspruch 12 gelöst.

[0006] Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Idee besteht im wesentlichen darin, durch die Verwendung einer Ionenquelle die durch die Sekundär- und Rückstreu-Elektronen entstehende Oberflächenladung zu neutralisieren.

[0007] In der vorliegenden Erfindung wird das eingangs erwähnte Problem insbesondere dadurch gelöst, daß eine Elektronenstrahlvorrichtung bereitgestellt wird mit: einer Elektronenquelle zum Erzeugen eines Elektronenstrahls in einer abgeschlossenen Vakuumkammer, welcher auf einen Auftreffbereich einer Oberfläche trifft; einer Ionenquelle zum Bereitstellen positiv geladener Ionen in der Nähe des Auftreffbereichs, so daß Sekundär- und/oder Rückstreu-Elektronen des Elektronenstrahls (11) mit den positiv geladenen Ionen rekombinieren.

[0008] Auf diese Weise können Oberflächenladungen vermieden werden, welche eine Ablenkung der Primärelektronen des Elektronenstrahls mit sich bringen.

[0009] In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des jeweiligen Erfindungsgegenstandes.

[0010] Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung ist die Ionenquelle eine Ring-Ionenquelle, welche den Elektronenstrahl konzentrisch umgibt.

[0011] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung liegen die positiv geladenen Ionen in einem positiv ionisierten Gas vor, wobei vorzugsweise ausschließlich positiv ionisierte Gas-Ionen der Vakuumkammer zuführbar sind.

[0012] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden als positiv geladene Ionen leichte Ionen, wie beispielsweise positiv ionisierte Argon-Ionen  $Ag^+$ , eingesetzt.

[0013] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung liegt zwischen der Oberfläche und der Ionenquelle eine betragsmäßig um Größenordnungen kleinere Beschleunigungsspannung zur Beschleunigung der positiv geladenen Ionen als die Beschleunigungsspannung zur Erzeugung des Elektronenstrahls an.

[0014] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung liegt die Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahls in der Größenordnung von 50 kV und die der positiv geladenen Ionen im Bereich von 100 V.

[0015] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Oberfläche, auf welche der Elektronenstrahl auftrifft, eine elektronenlithographisch zu strukturierende Photolackmaske.

[0016] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Elektronenstrahlvorrichtung in einem Pattern-Generator vorgesehen.

[0017] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist die Elektronenstrahlvorrichtung in einem Rasterelektronenmikroskop vorgesehen.

[0018] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung ist ein sich aus den positiv geladenen Ionen bildender Ionenstrom an die Regelung und/oder Steuerung des Primärelektronenstroms des Elektronenstrahls gekoppelt, d.h. wird insbesondere davon abhängig geregelt.

[0019] Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird eine Einrichtung zum Entfernen von Teilchen, welche durch eine Rekombination aus Sekundär- und/oder Rückstreuielektronen des Elektronenstrahls mit den positiv geladenen Ionen entstehen, durch eine Vakuumpumpe zur Evakuierung der abgeschlossenen Vakuumkammer gebildet.

#### Ausführungsbeispiel

[0020] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

[0021] Es zeigt.

[0022] **Fig. 1** eine schematische Schrägansicht einer Elektronenstrahlvorrichtung zur Erläuterung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0023] In **Fig. 1** ist eine Elektronenquelle **10** z.B. mit einer Beschleunigungsspannung von 50 kV vorgesehen, welche einen Elektronenstrahl **11** erzeugt. Trifft dieser Elektronenstrahl **11** mit seinen Primärelektronen **12** auf eine Oberfläche **13**, vorzugsweise eine Photolackschicht, so entstehen beim Auftreffen, vorzugsweise normal zur Ebene der Oberfläche, parasitäre Sekundär- und/oder Rückstreuielektronen **14** (Backscatter-Elektronen). Die mit dem Elektronenstrahl **11** zu belichtende Photolackschicht **13** ist vorzugsweise auf einer transparenten Trägereinrichtung **15**, wie einer Glasplatte, aufgebracht.

[0024] Über eine Zuleitung **16** wird eine Ionenquelle **17**, welche vorzugsweise ringförmig und konzentrisch zum Elektronenstrahl **11** ausgebildet ist, mit positiv geladenen Ionen **18** versorgt. Die vorzugsweise ringförmige Ionenquelle **17** ist vorzugsweise senkrecht zum Elektronenstrahl **11** ausgerichtet und weist an der Unterseite eine Verteilungseinrichtung (nicht dargestellt), insbesondere gleichmäßig beabstandete Öffnungen bzw. Düsen auf. Die positiv geladenen Ionen **18** weisen vorzugsweise eine geringe Masse auf, wie beispielsweise positiv ionisiertes Argon-Gas  $Ag^+$ . Um die positiv geladenen Ionen **18** von der Ionenquelle **17** zur Oberfläche **13** hin zu beschleunigen, wird zwischen der Oberfläche **13** und der Ionenquelle **17** eine Potentialdifferenz von beispielsweise 100 Volt angelegt. Erreichen die positiv geladenen Ionen **18** die Sekundärelektronen **14**, d.h. die Oberflächenladung, auf der Oberfläche **13** (z.B. einer Photolackschicht), so rekombinieren diese miteinander in

der Regel zu elektrisch neutralen Teilchen, wie beispielsweise Argon-Moleküle  $Ag_2$  (nicht dargestellt).

[0025] Diese Teilchen werden dann vorzugsweise von einer Vakuumpumpe zum Aufrechterhalten eines Vakuums in der Vakuumkammer (nicht dargestellt) entfernt, wobei sich sowohl die Elektronenquelle **10** als auch die Ionenquelle **17** und die Trägereinrichtung **15** mit der Oberfläche **13** in einer solchen abgeschlossenen Vakuumkammer (nicht dargestellt) befinden. Somit wird eine Beeinflussung des Elektronenstrahls **11**, vor allem der präzisen Ausrichtung des Elektronenstrahls **11**, mit Bezug auf die Oberfläche **13** reduziert bzw. verhindert, da durch Sekundärelektronen **14** auf der Oberfläche **13** verursachte Oberflächenladungen durch die von der Ionenquelle **17** bereitgestellten positiv geladenen Ionen **18** in ihrer Wirkung elektrisch kompensiert werden. Dabei wird der Ionenstrom aus den positiv geladenen Ionen **18** vorzugsweise an den Primärelektronenstrom der Primärelektronen **12** bzw. dessen Regelungseinrichtung gekoppelt, um einen Beitrag der positiv geladenen Ionen **18**, beispielsweise zur Belichtung eines Photolacks **13**, auszuschließen. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz einer mit Bezug auf **Fig. 1** beschriebenen erfindungsgemäßen Elektronenstrahlvorrichtung in einem Pattern-Generator zur Strukturierung von Masken für Halbleiter-Herstellungsprozesse.

[0026] Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

[0027] So ist insbesondere auch eine andere Form als die Ringform einer Ionenquelle vorstellbar. Außerdem ist die vorliegende Erfindung nicht auf den Bereich der Elektronenlithographie von Masken beschränkt, sondern ebenfalls beispielsweise in der Elektronenmikroskopie einsetzbar. Darüber hinaus sind auch andere Beschleunigungsspannungen bzw. Ionen auf die vorstehend erläuterte Ausführungsform anwendbar.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	Elektronenquelle (z.B. 50 kV Beschleunigungsspannung)
<b>11</b>	Elektronenstrahl trifft auf Auftreffbereich von <b>13</b>
<b>12</b>	Primärelektronen
<b>13</b>	Oberfläche, vorzugsweise eine Photolackschicht
<b>14</b>	Sekundär- bzw. Rückstreuielektronen (Backscatter Elektr.)
<b>15</b>	Trägereinrichtung, z.B. Glasplatte
<b>16</b>	Zuleitung zur Ionenquelle
<b>17</b>	Ionenquelle, vorzugsweise ringförmig konzentrisch zum Elektronenstrahl
<b>18</b>	positiv geladene Ionen, z.B. $Ag^+$

**Patentansprüche**

Rasterelektronenmikroskop vorgesehen ist.

1. Elektronenstrahlvorrichtung mit:  
einer Elektronenquelle (10) zum Erzeugen eines Elektronenstrahls (11) in einer abgeschlossenen Vakuumkammer, welcher auf einen Auftreffbereich einer Oberfläche (13) trifft;  
einer Ionenquelle (17) zum Bereitstellen positiv geladener Ionen (18) in der Nähe des Auftreffbereichs, so daß Sekundär- und/oder Rückstreuelektronen (14) des Elektronenstrahls (11) mit den positiv geladenen Ionen (18) rekombinieren.

2. Elektronenstrahlvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Ionenquelle (17) eine Ring-Ionenquelle ist, durch welche der Elektronenstrahl (11) konzentrisch hindurchtritt.

3. Elektronenstrahlvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die positiv geladenen Ionen (18) in einem positiv ionisierten Gas vorliegen, wobei vorzugsweise ausschließlich positiv ionisierte Gas-Ionen der Vakuumkammer zuführbar sind.

4. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als positiv geladene Ionen (18) leichte Ionen, wie beispielsweise positiv ionisierte Argon-Ionen  $Ag^+$ , eingesetzt sind.

5. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Oberfläche (13) und der Ionenquelle (17) eine betragsmäßig um Größenordnungen kleinere Beschleunigungsspannung zur Beschleunigung der positiv geladenen Ionen (18) anliegt als die Beschleunigungsspannung zur Erzeugung des Elektronenstrahls (11).

6. Elektronenstrahlvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahls (11) in der Größenordnung von 50 kV und die der positiv geladenen Ionen (18) im Bereich von 100 V liegt.

7. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Oberfläche (13), auf welche der Elektronenstrahl (11) auftrifft, eine elektronenlithographisch zu strukturierende Photolackmaske ist.

8. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronenstrahlvorrichtung in einem Pattern-Generator vorgesehen ist.

9. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektronenstrahlvorrichtung in einem

10. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein sich aus den positiv geladenen Ionen (18) bildender Ionenstrom an die Steuerung und/oder Regelung des Primärelektronenstroms des Elektronenstrahls (11) gekoppelt ist.

11. Elektronenstrahlvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Entfernen von Teilchen, welche durch eine Rekombination aus Sekundär- und/oder Rückstreuelektronen (14) des Elektronenstrahls (11) mit den positiv geladenen Ionen (18) entstehen, durch eine Vakuumpumpe zur Evakuierung der abgeschlossenen Kammer gebildet wird.

12. Verfahren zur Vermeidung einer Oberflächenladung (14) auf einer Oberfläche (13) in einer Elektronenstrahleinrichtung mit den Schritten:  
Erzeugen eines Elektronenstrahls (11), welcher auf einen Auftreffbereich der Oberfläche (13) auftrifft, in einer abgeschlossenen Vakuumkammer mit einer Elektronenquelle (10);  
Bereitstellen positiv geladener Ionen (18) mit einer Ionenquelle (17) in der Nähe des Auftreffbereichs; und  
Neutralisieren der Oberflächenladung (14) auf der Oberfläche (13) durch eine Rekombination mit den positiv geladenen Ionen (18).

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

FIG 1

