



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 34 559 T2 2008.01.03**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 166 319 B1**

(51) Int Cl.⁸: **H01J 37/06** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 34 559.9**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/EP00/12785**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 985 165.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/048787**

(86) PCT-Anmeldetag: **13.12.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.07.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.01.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **25.04.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.01.2008**

(30) Unionspriorität:
99204502 23.12.1999 EP

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:
FEI Co., Hillsboro, Oreg., US

(72) Erfinder:
**KRANS, Jan M., NL-5656 AA Eindhoven, NL;
TIEMEIJER, Peter C., NL-5656 AA Eindhoven, NL**

(74) Vertreter:
Vossius & Partner, 81675 München

(54) Bezeichnung: **VIELSTRAHL-ELEKTRONENSTRAHL-LITHOGRAPHIEVORRICHTUNG MIT UNTERSCHIEDLICHEN STRAHLENLENDEN**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die beanspruchte Erfindung betrifft eine teilchenoptische Vorrichtung, die aufweist

- (a) einen Objektträger für ein Objekt, das mittels der Vorrichtung bestrahlt werden soll, und
- (b) eine Anordnung teilchenoptischer Säulen, von denen jede eine optische Achse aufweist, die im wesentlichen senkrecht zum Objektträger ist, und von denen jede versehen ist mit:
 - mindestens einer Teilchenquelle zur Erzeugung eines begrenzten Teilchenstrahls elektrisch geladener Teilchen,
 - eine Fokussierungsvorrichtung zur Bildung eines Brennpunkts des Teilchenstrahls in der Nähe des Objektträgers.

[0002] Eine Vorrichtung dieser Art ist aus der veröffentlichten europäischen Patentanmeldung EP 0 289 278 A2 bekannt.

[0003] Die in der zitierten Patentanmeldung beschriebene Vorrichtung ist eingerichtet, mittels Elektronenstrahlen Muster auf ein Substrat zu schreiben, um Halbleiterschaltungen herzustellen. Darin ist das zu beschreibende Substrat auf einem Objektträger angeordnet, der der Anordnung teilchenoptischer Säulen gegenüberliegt. Im Kontext der vorliegenden Anmeldung ist unter einer teilchenoptischen Säule zu verstehen, daß sie eine Anordnung bedeutet, die aus einer Teilchenquelle und einer Fokussierungsvorrichtung besteht. Die Teilchenquelle erzeugt einen Strahl elektrisch geladener Teilchen (im allgemeinen einen Elektronenstrahl), der durch die Fokussierungsvorrichtung fokussiert wird, die für gewöhnlich als das Objektiv bezeichnet wird. Der so gebildete Elektronenstrahlbrennpunkt befindet sich auf dem Substrat, so daß ein scharfer Elektronenfleck auf das Substrat projiziert wird. Das erwünschte Muster wird durch eine Verschiebung des Flecks geschrieben. Obwohl aus der zitierten europäischen Anmeldung keine Angabe hinsichtlich der Begrenzung des Elektronenstrahls abgeleitet werden kann, ist der Strahl naturgemäß immer begrenzt.

[0004] Im allgemeinen sind Vorrichtungen zum Schreiben von Mustern mittels Elektronenstrahlen so aufgebaut, daß sie mehrere teilchenoptische Säulen enthalten, um die Produktionsrate im Vergleich zu einer Vorrichtung zu erhöhen, die mit nur einer teilchenoptischen Säule versehen ist. Solche Säulen arbeiten während des Schreibens parallel. Eine Vorrichtung dieser Art könnte in einer solchen Weise konfiguriert sein, daß alle Säulen denselben Effekt haben, das heißt, daß sie in derselben Fleckgröße exakt denselben Strom erzeugen. Jedoch kann das zu schreibende Muster Details mit unterschiedlicher Größe enthalten. In diesem Fall können die kleinen Details mittels eines Elektronenflecks mit einem kleinen Durchmesser geschrieben werden, wohingegen größere Details mit einem Fleck mit einem größeren Durchmesser geschrieben werden können. Dies bietet den Vorteil, daß in einem großen Elektronenfleck für gewöhnlich ein größerer Strom vorhanden sein wird, so daß das Schreiben von vergleichsweise großen Details mit einer Geschwindigkeit stattfinden kann, die höher als die Geschwindigkeit des Schreibens während der Verwendung eines kleinen Flecks ist, wodurch eine Optimierung der Produktionsrate der Objekte ermöglicht wird, die beschrieben werden sollen. Mit anderen Worten kann infolge von Linsenfehlern, zum Beispiel chromatischer und sphärischer Aberration und Wechselwirkung (Coulomb-Abstoßung) der Elektronen im Strahl, ein Elektronenfleck für einen gegebenen Strom im Strahl nicht beliebig klein gemacht werden.

[0005] Um den Vorteil der optimalen Produktionsrate zu erzielen, ist die bekannte Anordnung mit Säulen versehen, die zur Erzeugung von Strahlen mit wechselseitig unterschiedlichen Strömen imstande sind. Die bekannte Anordnung der Elektronenstrahlen erzeugenden Säulen ist auf einem geraden Trägerarm angebracht, der über dem zu beschreibenden Substrat angeordnet ist. Die Säulen, die an einem Arm angebracht sind, unterscheiden sich voneinander insoweit die Größe ihres Strahlstroms betroffen ist. In der zitierten europäischen Patentanmeldung wird dieser Effekt dadurch erzielt, daß eine Elektronenquelle mit einer vergleichsweise großen Emissionsfläche vorgesehen ist, um einen Strahl mit einem großen Strom zu erzeugen; diese Möglichkeit wird darin insbesondere unter Bezugnahme auf **Fig. 6D** beschrieben. Es wird außerdem (insbesondere unter Bezugnahme auf **Fig. 3**) beschrieben, daß zwei Elektronenstrahler, die nahe beieinander angeordnet sind, gleichzeitig arbeiten können, so daß diese Quellen zusammen einen Strahl mit einem vergleichsweise großen Strom erzeugen.

[0006] Dieses bekannte Verfahren des Variierens des Strahlstroms innerhalb einer Anordnung von Säulen hat den Nachteil, daß eine Vergrößerung der Emissionsfläche im allgemeinen nicht zu einer Zunahme des Strahlstroms um denselben Faktor führt; der Strahlstrom wird unter dem Einfluß der Linsenfehler und Elektronenwechselwirkung um einen wesentlich kleineren Faktor erhöht.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine teilchenoptische Vorrichtung der angegebenen Art bereitzu-

stellen, in der die Variation des Strahlstroms optimiert werden kann. Zu diesem Zweck ist die Vorrichtung gemäß der beanspruchten Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß die Säulen außerdem mit einer Strahlbegrenzungsöffnung versehen sind, die sich zwischen der zugehörigen Teilchenquelle und der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung befindet, und

- die Anordnung teilchenoptischer Säulen in mindestens eine erste Säulengruppe und eine zweite Säulengruppe unterteilt ist, wobei die Säulen in der ersten Gruppe mit einer Strahlbegrenzungsblende eines ersten Durchmessers versehen sind und die Säulen in der zweiten Gruppe mit einer Strahlbegrenzungsblende eines zweiten Durchmessers versehen sind, wobei sich die ersten und zweiten Durchmesser voneinander unterscheiden, und jede Säule der ersten Gruppe und der zweiten Gruppe in einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen teilchenoptischen Vorrichtung mit einer weiteren Teilchenlinse versehen ist, um die Vergrößerung der relevanten Säule im Zusammenwirken mit der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung zu variieren.

[0008] Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis der Tatsache, daß der Strahlstrom besser durch Begrenzen des Strahls mittels einer Öffnung (in der Form einer Blende) gesteuert werden kann, die zwischen der Quelle und dem Objektiv (das heißt, der Fokussierungsvorrichtung) angeordnet ist, als durch Vergrößerung der Emissionsfläche der Elektronenquelle. Im letztgenannten Fall können die Linsenfehler des Objektivs, wie die chromatische Aberration und die sphärische Aberration nicht in den Optimierungsprozeß einbezogen werden, und die Fleckgröße wird zur Gänze durch die Summe der Effekte der Coulomb-Wechselwirkung und der Linsenfehler bestimmt.

[0009] Jede der Säulen mit einer weiteren Teilchenlinse zu versehen, um die Vergrößerung der relevanten Säule zu variieren, bietet den Vorteil, daß ein weiterer Freiheitsgrad zur Beeinflussung des Strahlstroms erhalten wird. Die Vergrößerung des Systems, das heißt, das Verhältnis der Größe des Elektronenflecks auf dem zu beschreibenden Objekt zur tatsächlichen Emissionsfläche, kann folglich wie erwünscht eingestellt werden.

[0010] Es wird angemerkt, daß in dem Artikel of T.H.P. Chang u.a.: „Electron beam technology-SEM to microcolumn“, Microelectronic Engineering 32 (1996), Seiten 113–130 eine einzelne Säule beschrieben wird, die den Oberbegriff der Erfindung erfüllt, wenn mehrere Säulen, wie in dem Artikel beschrieben, in einer Vorrichtung verwendet werden. Die beschriebene Säule weist außerdem eine Strahlbegrenzungsöffnung auf, die sich zwischen der Teilchenquelle und der Fokussierungsvorrichtung befindet. Der Artikel erläutert die Probleme, die mit Säulen mit einer Strahlenergie von ≤ 1 keV, einer äußerst kleinen physikalischen Größe, niedrigen Kosten und einer verbesserten Leistung verbunden sind. Aus diesem Artikel wird nicht klar, wie eine solche Säule in einer Vorrichtung verwendet werden sollte, die im Oberbegriff erwähnt wird, um zur erfinderischen Idee der Erfindung zu gelangen.

[0011] Es wird ferner angemerkt, daß im US-Patent US 4,392,058 ein lithographisches Elektronenstrahlwerkzeug beschrieben wird, das mehrere Elektronenstrahlsäulen einsetzt. Wie dem Fachmann solcher Instrumente bekannt ist, trifft ein Elektronenstrahl auf einen Wafer. Der Wafer ist mit einer dünnen Schicht Abdecklack überzogen, wobei der Abdecklack für Elektronen empfindlich ist. Aufgrund dieser Empfindlichkeit wird in einem späteren Prozeßstadium bestrahlter Abdecklack entfernt, während umbestrahlter Abdecklack auf dem Wafer bleibt, oder umgekehrt.

[0012] In dem US-Patent wird ein Unterschied zwischen Säulen gemacht, die eine niedrige Auflösung mit einem hohen Strom kombinieren, die zum Schreiben mit hoher Geschwindigkeit und niedriger Auflösung verwendet werden sollen, und Säulen, die eine hohe Auflösung mit einem niedrigen Strom kombinieren, die zum Schreiben mit niedrigerer Geschwindigkeit mit hoher Auflösung verwendet werden sollen. Die Strahlen mit niedriger Auflösung können dann zur Bestrahlung großer Bereiche (große Musterstrukturen) verwendet werden, während die Strahlen mit hoher Auflösung verwendet werden, um die Begrenzungen der Muster mit der erforderlichen hohen Auflösung zu schreiben.

[0013] Damit die Strahlen auf annähernd denselben Bereich des Wafers treffen (das heißt: innerhalb des Abtastbereichs jeder der Säulen), sind die optischen Wege der Säulen zueinander hin geneigt. Um außerdem den Durchmesser der Säulen zu minimieren (um zu einer kompakteren Gestaltung mit besseren elektronenoptischen Eigenschaften gelangen) sind keine Fokussierelemente zwischen der Quelle und dem Wafer vorhanden: es wird eine Einzelpol-Linse (auch als Schnorchellinse bekannt) nahe der Quelle auf der vom Wafer entfernten Seite verwendet, um den Strahl zu fokussieren. Es kann eine zusätzliche Einzelpol-Linse nahe des Wafers auf der von der Quelle entfernten Seite verwendet werden, jedoch wird klar sein, daß diese Linse allen Säulen gemeinsam ist und folglich nur zur Feinfokussierung von allen Säulen gleichzeitig verwendet werden kann. Das US-Patent stellt folglich keine Lösung bereit, in der die Vergrößerung jeder einzelnen Säule geän-

dert werden kann.

[0014] Die weiteren Teilchenlinsen der teilchenoptischen Vorrichtung gemäß der beanspruchten Erfindung sind eingerichtet, um in Zusammenarbeit mit der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung die Vergrößerung der relevanten Säule zu verändern, während der Abstand zwischen der Fokussierungsvorrichtung und dem Objektträger konstant gehalten wird.

[0015] Diese Maßnahme bietet von einem Fertigungsstandpunkt erhebliche Vorteile, da die einzelnen Säulen nun dieselben physikalischen Abmessungen aufweisen können, abgesehen von der Strahlbegrenzungsblende, die häufig ohnehin als ein getrenntes Teil angebracht ist. Die Säulenordnung kann nun auf einem Einheitsträger angebracht werden, dessen Erscheinungsbild von der Anzahl und der Vielfalt der Säulen abhängt, die sich bezüglich der Fleckgröße unterscheiden. Überdies muß nur eine Säulengröße hergestellt und auf Lager gehalten werden.

[0016] Die weitere Teilchenlinse der teilchenoptischen Vorrichtung gemäß der beanspruchten Erfindung ist zwischen der zugehörigen Teilchenquelle und der zugehörigen Strahlbegrenzungsöffnung angeordnet. Als Ergebnis dieser Maßnahme wird der weiteren Teilchenlinse die Funktion einer Kondensorlinse gegeben, so daß der Strahlstrom im Elektronenfleck dadurch optimiert werden kann, indem die Vergrößerung des Systems gesteuert wird, während der Abstand zwischen der Fokussierungsvorrichtung und dem Objektträger immer noch derselbe bleiben kann.

[0017] Die beanspruchte Erfindung wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Figuren beschrieben, in denen entsprechende Bezugsziffern entsprechende Elemente bezeichnen.

[0018] Darin zeigen:

[0019] [Fig. 1](#) ein zum Verständnis der Erfindung nützliches Beispiel, das schematisch eine Säulenordnung mit sich voneinander unterscheidenden Blenden und nur mit einem Objektiv zeigt;

[0020] [Fig. 2](#) eine schematische Ansicht einer Säulenordnung mit sich voneinander unterscheidenden Blenden mit einem Objektiv und einer Kondensorlinse;

[0021] [Fig. 3](#) graphisch die Beziehung zwischen dem Strahlstrom und der Größe des Elektronenflecks in einer Säule, die bezüglich des Strahlstroms optimiert worden ist und ein Objektiv und eine Kondensorlinse enthält.

[0022] [Fig. 1](#) zeigt schematisch eine Anordnung **2** von n Säulen **4-1**, ..., **4-n**, die sich gegenseitig unterscheidende Blenden aufweisen und nur mit einem Objektiv versehen sind. Die Säulen **4** sind so zusammengesetzt, daß sie eine Anordnung bilden, indem die Säulen auf einem gemeinsamen Träger **6** angebracht sind. Obwohl die Figur eine eindimensionale Anordnung zeigt, kann das Beispiel auch im Fall einer zweidimensionalen Anordnung verwendet werden. In jeder der Säulen werden die Elektronenstrahlen **8** durch eine Elektronenquelle **10** eines herkömmlichen Typs erzeugt; zu diesem Zweck wird vorzugsweise von einer Elektronenquelle des Schottky-Feldemissionstyps Gebrauch gemacht, da die (praktischen) Abmessungen der Emissionsfläche in einem solchen Fall keine unerwünschte Einschränkung hinsichtlich der Größe des Elektronenfleck auferlegen.

[0023] Die Säulenordnung **2** ist über einem Objektträger **12** angeordnet, auf dem das zu beschreibende Substrat **14** angeordnet ist. Das auf das Substrat zu schreibende Muster wird durch Verschiebung eines Elektronenflecks **16** relativ zur Oberfläche des Substrats gebildet, das heißt, vorzugsweise durch Verschiebung des Elektronenstrahls in gegenseitig senkrechte Richtungen mittels elektrischer oder magnetischer Ablenkfelder. Da die Felderzeugungsspulen oder Elektroden, die zu diesem Zweck verwendet werden sollen, für das Beispiel nicht von wesentlicher Bedeutung sind, werden sie in der Figur nicht gezeigt.

[0024] Der Elektronenfleck **16** wird gebildet, indem die Emissionsfläche der Elektronenquelle **10** mittels des Objektivs, das als eine Fokussierungsvorrichtung dient, auf die Oberfläche des Substrats **14** abgebildet wird. Die Abmessungen des Elektronenflecks werden dann hauptsächlich durch die Abmessungen der Emissionsfläche, dem Grad der Wechselwirkung (Coulomb-Abstoßung) zwischen den Elektronen im Strahl, und der chromatischen und sphärischen Aberration des Objektivs **18** bestimmt. Die letztgenannten Linsenfehler sind vom Öffnungswinkel des Elektronenstrahls abhängig, der durch die Größe der Öffnung **22** der Strahlbegrenzungsöffnung, also der Blende **20** mitbestimmt wird. Die Fleckvergrößerung infolge der Coulomb-Abstoßung zwischen den Elektronen ist vom Strom im Elektronenstrahl abhängig; dies ist verständlich, da eine große An-

zahl von Elektronen auch eine große gegenseitige Abstoßungskraft verursacht. Die Größe des Elektronenflecks **16** kann folglich durch die Auswahl der Abmessungen der Öffnung **22** beeinflusst werden, so daß ein großer Fleck, der einen großen Strom mit sich bringt, zum Schreiben großer Details im zu schreibenden Muster verwendet werden kann, während kleine Details mittels eines kleinen Flecks geschrieben werden können.

[0025] Das Objektiv kann eine beliebige, gebräuchliche Form aufweisen. Für eine Säulenordnung ist es jedoch häufig wünschenswert, daß die Säulen kleine Abmessungen aufweisen. Daher wird für diese Anwendung häufig ein elektrostatisches Objektiv gewählt, da solche Objektive im Vergleich zu magnetischen Linsen, die gekühlt werden müssen, da die Felderzeugungsspulen in einer solchen Linse Strom leiten, kleine Abmessungen aufweisen.

[0026] **Fig. 2** zeigt schematisch eine Anordnung mit sich voneinander unterscheidenden Blenden. Die Säulen in dieser Figur sind dieselbe wie jene, die in **Fig. 1** gezeigt werden, wobei es ein Unterschied ist, daß jede Säule in **Fig. 2** nicht nur mit einem Objektiv, sondern außerdem mit einer Kondensorlinse **24** versehen ist. Die Kondensorlinse ist zwischen der Elektronenquelle **10** und der Strahlbegrenzungsblende **20** angeordnet. Infolge der Verwendung der Kondensorlinse kann die Fleckgröße nun für die erwünschte Größe der Details ausgewählt werden; für jede Fleckgröße kann der maximal erzielbare Strom im Elektronenstrahl erreicht werden, und der Abstand zwischen dem Objektiv **18** und der Oberfläche des zu beschreibenden Substrats **14** ist von der gewählten Fleckgröße unabhängig. Die Ströme und Fleckgrößen, die mittels dieser Konfiguration erzielt werden können, sind durch eine Computersimulation bestimmt worden. Diese Simulation beruhte auf zwei Größen der Blendenöffnungen **22** in der Säulenordnung, so daß eine Optimierung bezüglich zweier Fleckgrößen durchgeführt werden kann.

[0027] Die Ergebnisse der Computersimulation werden in der folgenden Tabelle angegeben, in der die Strahlströme für unterschiedliche Umstände angegeben werden. Die Tabelle ist in drei Gruppen von Ergebnissen unterteilt. In der ersten Gruppe (die aus den oberen drei Reihen der Tabelle besteht) werden die Ergebnisse der Situationen verglichen, die mit Elektronenflecken von 100 nm und 200 nm verbunden sind. In der zweiten Gruppe, (die aus den mittleren drei Reihen der Tabelle besteht) werden die Ergebnisse der Situationen verglichen, die mit Elektronenflecken von 50 nm und 200 nm verbunden sind. In der dritten Gruppe (die aus den unteren drei Reihen der Tabelle besteht) werden die Ergebnisse der Situationen verglichen, die mit Elektronenflecken von 20 nm und 200 nm verbunden sind.

[0028] Die verschiedenen Spalten in der Tabelle enthalten das folgende: Spalte 1 zeigt die beiden Fleckgrößen in Nanometern, während die Spalte 2 das Verfahren angibt, das verwendet wird, um die Vergrößerung des Elektronenflecks zu erhalten („Quelle“ bedeutet die Vergrößerung der Emissionsfläche, „optim.“ bedeutet die Optimierung, indem die Einstellung der Kondensorlinse **24** und des Objektivs **18** verwendet wird); Spalte 3 zeigt die Fleckgröße in Nanometern, und Spalte 4 zeigt die Größe der Emissionsfläche, wie sie durch die Abbildungselemente in der Spalte wahrgenommen wird (die virtuelle Quellengröße) in Nanometern; Spalte 5 zeigt den Durchmesser der Blendenöffnung **22** in Mikrometern, und Spalte 6 zeigt den Strom im Elektronenfleck in Nanoampere; Spalte 7 zeigt den Verstärkungsfaktor des Strahlstroms relativ zu der Situation, die mit einer Stromvariation durch Vergrößerung der Emissionsfläche der Elektronenquelle verbunden ist, wie aus dem Stand der Technik bekannt ist, und Spalte 8 zeigt die Stromdichte j im Elektronenfleck in A/cm^2 , die aus den Werten der Spalten 6 und 3 abgeleitet wird.

Tabelle 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 100 → 200 | | 100 | 20 | 100 | 157 | | 2000 |
| | Quelle | 200 | 34 | 100 | 452 | | 1439 |
| | optim. | 200 | 20 | 158 | 648 | 1,4 | 2063 |
| 50 → 200 | | 50 | 20 | 75 | 44 | | 2236 |
| | Quelle | 200 | 55 | 75 | 332 | | 1057 |
| | optim. | 200 | 20 | 158 | 648 | 2,0 | 2063 |
| 20 → 200 | | 20 | 20 | 50 | 7,4 | | 2355 |
| | Quelle | 200 | 110 | 50 | 223 | | 710 |
| | optim. | 200 | 20 | 158 | 648 | 2,9 | 2063 |

[0029] Spalte 7 in der obigen Tabelle zeigt deutlich die Verstärkung des Strahlstroms, die durch die Anwendung der Erfindung erzielt werden kann. Ein Vergleich der Spalten 7 und 8 zeigt deutlich, daß obwohl der Strom erhöht werden kann, indem die Quelle vergrößert wird, eine solche Erhöhung auf Kosten der Stromdichte erfolgt, wie durch den Vergleich der Werte in der Spalte 8 in den Reihen „Quelle“ und jener in den Reihen „optim.“ in Spalte 8 veranschaulicht wird.

[0030] **Fig. 3** stellt graphisch die Beziehung zwischen dem Strahlstrom (das heißt, dem Strom im Elektronenfleck) und der Größe des Elektronenflecks in einer Säule dar, die bezüglich des Strahlstroms optimiert worden ist und ein Objektiv und eine Kondensorlinse aufweist. Die drei Kurven **26**, **28** und **30** in der graphischen Darstellung betreffen eine Blendenöffnung von 50 µm, 100 µm bzw. 150 µm. Die Werte in dieser graphischen Darstellung sind durch die obige Computersimulation berechnet worden. Jeder Punkt für die Stromdichte J in der graphischen Darstellung wird gefunden, indem unter Verwendung der zugehörigen Blendenöffnung und der erwünschten Fleckgröße D der maximale Strom im Elektronenstrahl durch Variation der Stärke des Objektiv und der Stärke der Kondensorlinse in einer solchen Weise bestimmt wird, daß der Objektabstand konstant bleibt.

Patentansprüche

1. Teilchenoptische Lithographievorrichtung, die aufweist:

(a) einen Objektträger (**12**) für ein Objekt (**14**), das mittels der Vorrichtung bestrahlt werden soll, und
(b) eine Anordnung (**2**) teilchenoptischer Säulen (**4-i**), wobei jede der Säulen eine optische Achse aufweist, die im wesentlichen senkrecht zum Objektträger ist, und wobei jede der Säulen versehen ist mit:

- mindestens einer Teilchenquelle (**10**) zur Erzeugung eines begrenzten Teilchenstrahls (**8**) elektrisch geladener Teilchen,
- einer Fokussierungsvorrichtung (**18**) zur Erzeugung eines Brennpunkts (**16**) des Teilchenstrahls in der Nähe des Objektträgers, wobei die Fokussierungsvorrichtung zwischen der Teilchenquelle und dem Objektträger angeordnet ist,
- einer Strahlbegrenzungsöffnung (**20**), die sich zwischen der zugehörigen Teilchenquelle (**10**) und der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung (**18**) befindet,
- einer weiteren Teilchenlinse (**24**) zum Verändern der Vergrößerung der relevanten Säule im Zusammenwirken mit der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung (**18**), wobei die weitere Teilchenlinse (**24-i**) zwischen der zugehörigen Teilchenquelle (**10-i**) und der zugehörigen Strahlbegrenzungsöffnung (**20-i**) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß
- die Anordnung (**2**) der teilchenoptischen Säulen (**4-i**) in mindestens eine erste Säulengruppe und eine zweite Säulengruppe unterteilt ist, wobei die Säulen in der ersten Gruppe jeweils mit der Strahlbegrenzungsöffnung mit einem ersten Durchmesser (**22-k**) versehen sind und die Säulen in der zweiten Gruppe jeweils mit der Strahlbegrenzungsöffnung mit einem zweiten Durchmesser (**22-m**) versehen sind, wobei sich die ersten und zweiten Durchmesser voneinander unterscheiden.

2. Teilchenoptische Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die weiteren Teilchenlinsen (**24-i**) eingerichtet sind, im Zusammenwirken mit der zugehörigen Fokussierungsvorrichtung (**18-i**) die Vergrößerung der relevanten Säule zu verändern, während der Abstand zwischen der Fokussierungsvorrichtung (**18-i**) und dem Objektträger (**12**) konstant gehalten wird.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

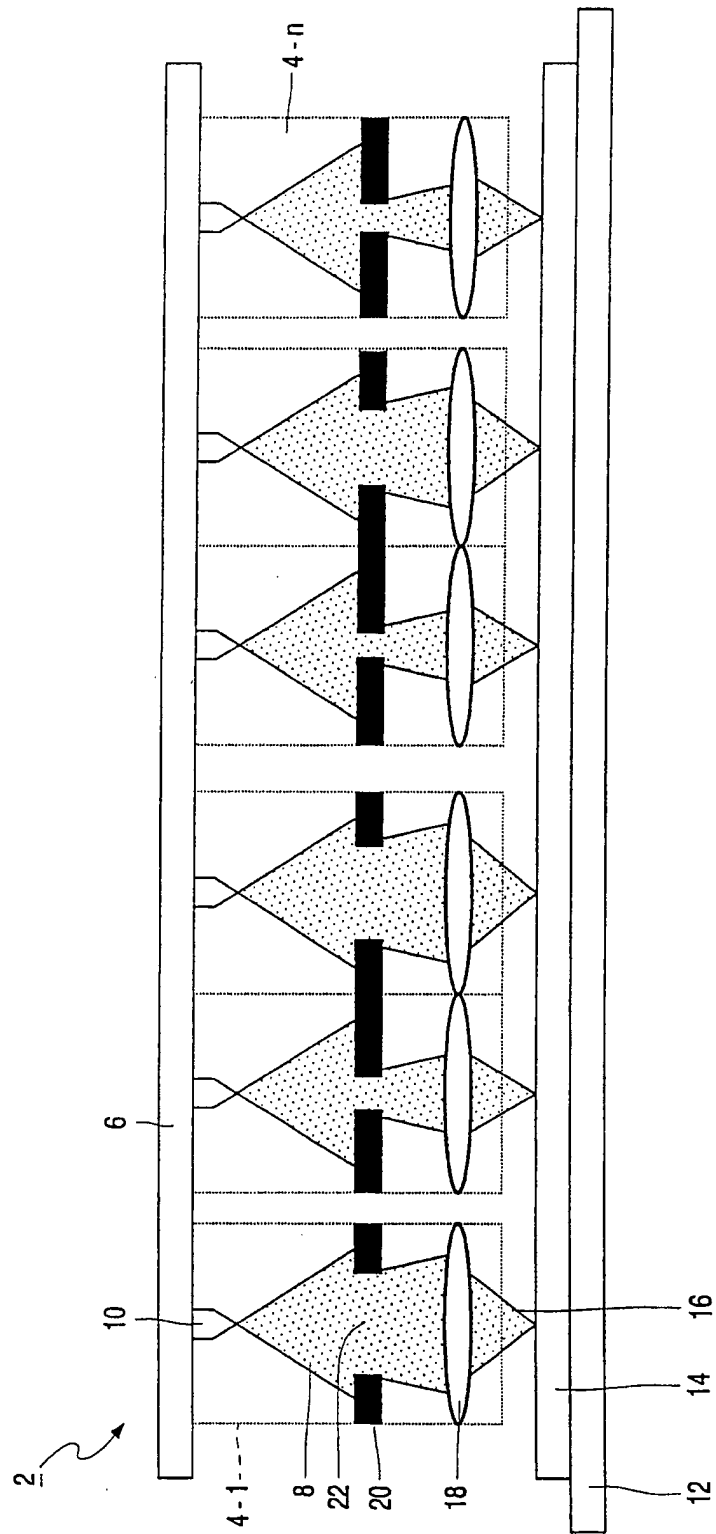


FIG. 1

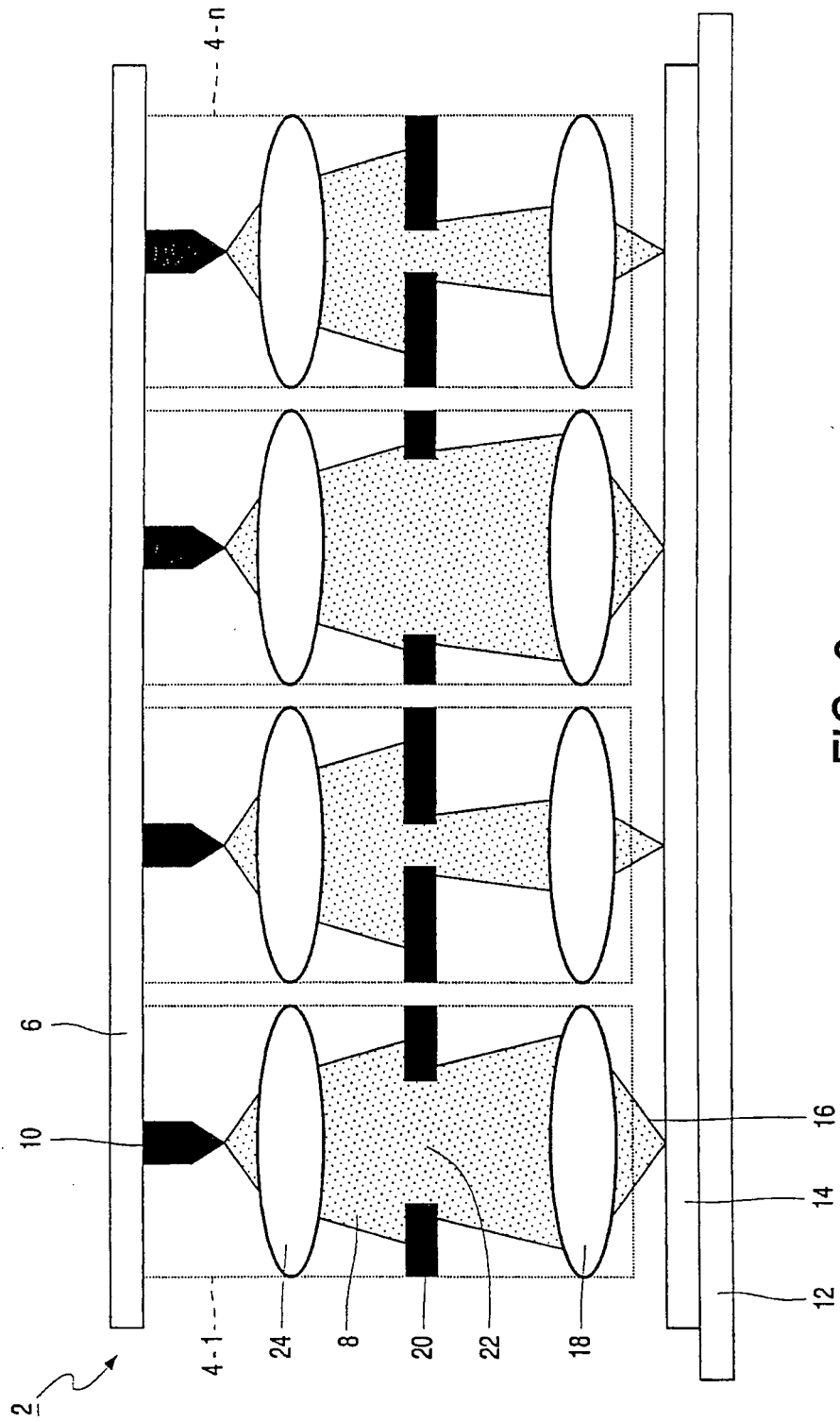


FIG. 2

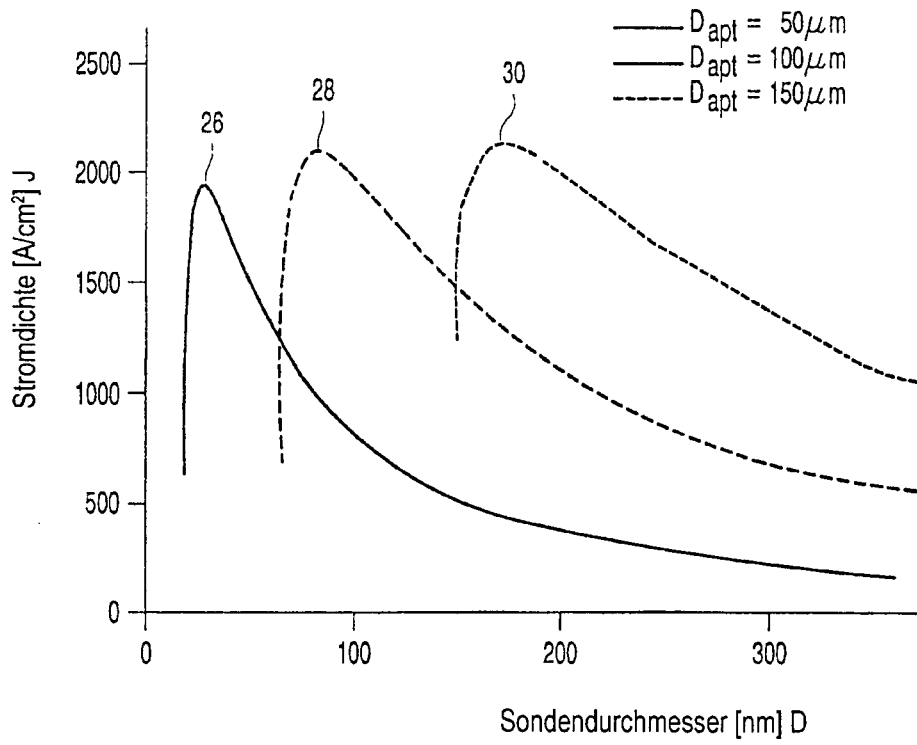


FIG. 3