



(10) **DE 10 2018 133 703 B4** 2020.08.06

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2018 133 703.5**  
(22) Anmeldetag: **29.12.2018**  
(43) Offenlegungstag: **02.07.2020**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **06.08.2020**

(51) Int Cl.: **H01J 37/28 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Carl Zeiss MultiSEM GmbH, 73447 Oberkochen,  
DE**

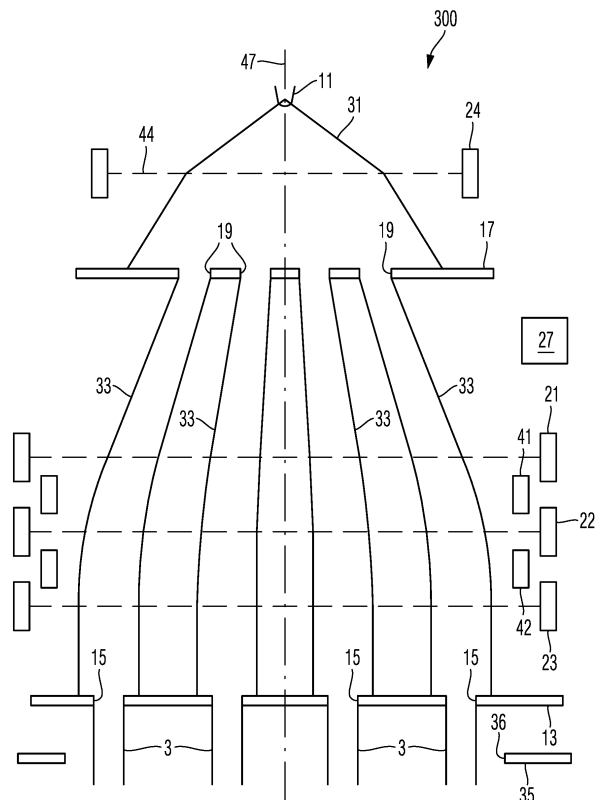
(72) Erfinder:  
**Zeidler, Dirk, 73447 Oberkochen, DE**

(74) Vertreter:  
**Patent- und Rechtsanwälte Diehl & Partner GbR,  
80636 München, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**US 2017 / 0 186 582 A1**

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen und Vielstrahl-Teilchenstrahlsysteme**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen 3 umfasst eine Teilchenquelle 11, eine erste Multiaperturplatte 13 mit einer Vielzahl von Öffnungen 15, eine zweite Multiaperturplatte 17 mit einer Vielzahl von Öffnungen 19, eine erste Teilchenlinse 21, eine zweite Teilchenlinse 22, eine dritte Teilchenlinse 23 und eine Steuerung 27, welche der ersten Teilchenlinse 21, der zweiten Teilchenlinse 22 und der dritten Teilchenlinse 23 jeweils eine einstellbare Erregung zuführt.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen und ein Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem, welches mit einer Vielzahl von Teilchenstrahlen arbeitet.

**[0002]** Aus WO 2005 / 024 881 A2 ist ein Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem bekannt, welches eine Teilchenquelle aufweist, um Teilchen zu erzeugen, welche auf eine Multiaperturplatte treffen. Die Multiaperturplatte weist eine Vielzahl von Öffnungen auf, welche von den Teilchen durchsetzt werden und im Strahlengang hinter der Multiaperturplatte eine Vielzahl von Teilchenstrahlen bilden. Das Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem umfasst ferner eine Objektivlinse, welche die einzelnen Teilchenstrahlen an einem Objekt fokussiert. Die Fokussierung der einzelnen Teilchenstrahlen an dem Objekt erfolgt dadurch, dass mit den Teilchenstrahlen jeweils die Teilchenquelle durch das Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem auf die Oberfläche des Objekts abgebildet wird. Die Qualität des durch den einzelnen Teilchenstrahl an dem Objekt erzeugten Fokus hängt von der Qualität der Abbildung der Teilchenquelle auf das Objekt ab. Diese Qualität wird durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt. Einer dieser Faktoren ist die elektrostatische Abstoßung zwischen den die einzelnen Teilchenstrahlen bildenden Teilchen.

**[0003]** Aus US 2017 / 0 186 582 A1 ist ein Vielstrahl-Lithographiesystem bekannt, bei welchem eine Vielzahl von Teilchenstrahlen durch Stapel von Multiaperturplatten erzeugt wird und diese Strahlen durch die Stapel von Multiaperturplatten manipuliert werden.

**[0004]** Zur Reduzierung dieser elektrostatischen Abstoßung der die Teilchenstrahlen bildenden Teilchen wird in US 2017 / 0 025 241 A1 und US 2017 / 0 025 243 A1 vorgeschlagen, im Strahlengang vor der Multiaperturplatte, deren Öffnungen die einzelnen Teilchenstrahlen definieren, eine weitere Multiaperturplatte näher an der Quelle anzuordnen, deren Öffnungen von den Teilchen durchsetzt werden, welche nachfolgend die Teilchenstrahlen bilden, aber wenigstens einen Teil der Teilchen nicht durch Öffnungen hindurchtreten lässt, welche nachfolgend nicht zur Bildung der Teilchenstrahlen beitragen würden. Hierdurch wird die Anzahl der Teilchen, welche sich im Strahlengang zwischen den beiden Multiaperturplatten zu jedem gegebenen Zeitpunkt aufhalten reduziert, ohne die Intensität der einzelnen Teilchenstrahlen zu reduzieren. Entsprechend wird die in diesem Bereich des Strahlengangs die Coulomb-Abstoßung reduziert, die auf die Teilchen wirkt, welche nachfolgend die Teilchenstrahlen bilden. Somit kann die Qualität der Abbildung der Teilchenquelle auf die Oberfläche des Objekts theoretisch verbessert werden.

**[0005]** Es hat sich gezeigt, dass die Idee, im Strahlengang zwischen der Teilchenquelle und der die Vielzahl von Teilchenstrahlen bildenden Multiaperturplatte eine weitere Multiaperturplatte anzuordnen, in der Praxis schwer realisierbar ist.

**[0006]** Entsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen vorzuschlagen, welche im Strahlengang zwischen einer Teilchenquelle und einer Multiaperturplatte zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen eine weitere Multiaperturplatte aufweist und vergleichsweise einfach handhabbar ist.

**[0007]** Gemäß beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung umfasst eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen eine Teilchenquelle, eine erste Multiaperturplatte, welche eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, und eine zweite Multiaperturplatte, welche eine Vielzahl von Öffnungen aufweist und in einem Strahlengang der Vorrichtung zwischen der Teilchenquelle und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist. Die Teilchenquelle ist dazu konfiguriert, im Betrieb der Vorrichtung Teilchen zu erzeugen, welche die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen. Hierbei ist es wünschenswert, dass wenigstens ein Teil der die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchen ebenfalls Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzt, um im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte die Vielzahl von Teilchenstrahlen zu bilden. Es hat sich gezeigt, dass es schwierig ist, die erste und die zweite Multiaperturplatte relativ zueinander so zu positionieren und die Öffnungen in der ersten oder zweiten Multiaperturplatte so anzuordnen, dass dieses Ziel erreicht wird und die einzelnen Teilchenstrahlen hohe Strahlintensitäten aufweisen.

**[0008]** Im Hinblick auf dieses Ziel umfasst eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen gemäß weiteren beispielhaften Ausführungsformen eine erste Teilchenlinse, welche in dem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, eine zweite Teilchenlinse, welche in dem Strahlengang zwischen der ersten Teilchenlinse und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, und eine Steuerung, welche dazu konfiguriert ist, der ersten Teilchenlinse eine einstellbare Erregung zuzuführen und der zweiten Teilchenlinse ebenfalls eine einstellbare Erregung zuzuführen. Insbesondere kann die Steuerung derart ausgebildet sein, dass die der ersten Teilchenlinse zugeführte Erregung unabhängig von der der zweiten Teilchenlinse zugeführten Erregung einstellbar ist.

**[0009]** Die von der Teilchenquelle erzeugten Teilchen können als divergenter Strahl auf die zweite

Multiaperturplatte treffen. Die zweite Multiaperturplatte kann aus einer ebenen Platte gebildet sein, in welcher die Öffnungen vorgesehen sind. Die zweite Multiaperturplatte kann allerdings auch eine gekrümmte Platte sein, in der die Öffnungen vorgesehen sind.

**[0010]** Die erste Multiaperturplatte kann aus einer ebenen Platte gebildet sein, in welcher die Öffnungen vorgesehen sind. Die erste Multiaperturplatte kann allerdings auch eine gekrümmte Platte sein, in welcher die Öffnungen vorgesehen sind.

**[0011]** Die die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchen bilden bereits Teilchenstrahlen, von denen ein jeder eine der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzen soll. Die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte sind mit gegebenen Abständen voneinander angeordnet. Diese Abstände definieren die Abstände der durch die Öffnung der zweiten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen in der Ebene der ersten Multiaperturplatte. Dort stimmen diese Abstände der Teilchenstrahlen im Allgemeinen nicht mit den Abständen der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte voneinander überein. Allerdings ist es möglich, die Erregungen der ersten und der zweiten Teilchenlinse so einzustellen, dass diese Übereinstimmung erreicht wird und Teilchen, welche Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen haben auch Öffnungen der ersten Multiaperturplatte prinzipiell durchsetzen können.

**[0012]** Die im Hinblick darauf durchgeführte Änderung der Erregungen der ersten und der zweiten Teilchenlinse führt im Allgemeinen auch zu einer Änderung der Divergenz der auf die erste Multiaperturplatte treffenden Teilchenstrahlen aus den Teilchen, welche die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen haben. Diese Änderung der Divergenz führt dann wiederum zu einer Änderung der Divergenz der Teilchenstrahlen, welche im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildet werden. Es kann wünschenswert sein, diese Divergenz auf einen vorgegebenen Wert einzustellen und diesen Wert auch dann beizubehalten, wenn die Erregungen der ersten und der zweiten Teilchenlinse geändert werden. Genau dies ist allerdings möglich, da die Einstellung der Erregungen der ersten und der zweiten Teilchenlinse zwei Freiheitsgrade bietet, welche genutzt werden können, um die Einstellung der Divergenz der im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen unabhängig von der Einstellung der Abstände der auf die erste Multiaperturplatte treffenden Teilchenstrahlen zu ermöglichen.

**[0013]** Änderungen der Erregungen der ersten und der zweiten Teilchenlinse führen im Allgemeinen auch dazu, dass sich ein Anordnungsmuster der aus den die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchenstrahlen in der Ebene der

ersten Multiaperturplatte um eine optische Achse der ersten und/oder zweiten Teilchenlinse verdreht. Allerdings sollte das Anordnungsmuster der auf die erste Multiaperturplatte treffenden Teilchenstrahlen mit dem Anordnungsmuster der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte übereinstimmen, damit im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte Teilchenstrahlen mit hoher Strahlintensität erzeugt werden. Eine sich gegebenenfalls ändernde Verdrehung des Anordnungsmusters der Teilchenstrahlen in der Ebene der ersten Multiaperturplatte kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die erste Multiaperturplatte und die zweite Multiaperturplatte relativ zueinander verdreht werden. Dies kann beispielsweise durch mechanische Aktoren erfolgen.

**[0014]** Gemäß weiterer beispielhafter Ausführungsformen umfasst die Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen ferner eine dritte Teilchenlinse, welche in dem Strahlengang zwischen der zweiten Teilchenlinse und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, der dritten Teilchenlinse eine einstellbare Erregung zuzuführen. Insbesondere kann die Erregung der dritten Teilchenlinse unabhängig von der Erregung der ersten Teilchenlinse und/oder unabhängig von der Erregung der zweiten Teilchenlinse einstellbar sein. Die Einstellbarkeit der Erregung der dritten Teilchenlinse bietet einen dritten Freiheitsgrad zur Formung des Musters der in der Ebene der ersten Multiaperturplatte auftreffenden Teilchenstrahlen, so dass diese hinsichtlich ihrer Abstände voneinander, hinsichtlich ihrer Divergenz und hinsichtlich der Verdrehung um die optischen Achsen der Teilchenlinsen einstellbar sind.

**[0015]** Gemäß beispielhaften Ausführungsformen sind Durchmesser der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte und Durchmesser der Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte so aufeinander abgestimmt, dass die Teilchen, welche die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen, zu einem Teil die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzen und zu einem anderen Teil auf die erste Multiaperturplatte treffen und die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte nicht durchsetzen. Dies bedeutet, dass die Querschnitte der im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen durch die Gestalten der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte definiert werden. Im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte können weitere Multiaperturplatten angeordnet sein, welche die Teilchenstrahlen weiter definieren, indem diese die weitere Multiaperturplatte nur teilweise durchsetzen. Die weiteren Multiaperturplatten können allerdings auch Öffnungen aufweisen, deren Durchmesser so groß gewählt sind, dass sie von den Teilchenstrahlen gänzlich durchsetzt werden und die Öffnungen die Teilchenstrahlen hinsichtlich der in den Teilchenstrahlen enthaltenen Partikeln nicht direkt beeinflussen. Der-

artige Öffnungen können allerdings elektrische Potentiale oder magnetische Felder bereitstellen, um die die Öffnungen durchsetzenden Teilchenstrahlen hinsichtlich der Trajektorien der die Teilchenstrahlen bildenden Partikel zu beeinflussen. Insbesondere können hierdurch auf die einzelnen Teilchenstrahlen Wirkungen wie etwa einer fokussierenden oder divergierenden Linse oder/und eines Ablenkens oder/und eines Stigmators bereitgestellt werden.

**[0016]** Gemäß beispielhaften Ausführungsformen ist die Steuerung dazu konfiguriert, die Erregungen der ersten, zweiten und dritten Teilchenlinse so einzustellen, dass die Teilchenstrahlen die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte jeweils in eine Richtung durchsetzen, welche in einer Ebene liegt, die ein Zentrum der Öffnung der ersten Multiaperturplatte enthält, welche der jeweilige Teilchenstrahl durchsetzt, und welche eine optische Achse der ersten, zweiten oder dritten Teilchenlinse enthält.

**[0017]** Dies bedeutet, dass die Teilchen, welche die im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen bilden, abgesehen von einer möglichen Divergenz oder Konvergenz, geradlinig und nicht etwa auf Spiralbahnen verlaufen, wenn sie die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzen. Sofern die Teilchen im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte allerdings weiteren Magnetfeldern ausgesetzt sind, können sich die Teilchen wieder entlang von Spiralbahnen bewegen.

**[0018]** Gemäß weiteren beispielhaften Ausführungsformen umfasst die Vorrichtung ferner einen ersten Stigmator, welcher in dem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, dem ersten Stigmator eine einstellbare Erregung zuzuführen. Gemäß weiteren beispielhaften Ausführungsformen hierin umfasst die Vorrichtung ferner einen zweiten Stigmator, welcher in dem Strahlengang zwischen dem ersten Stigmator und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, dem zweiten Stigmator eine einstellbare Erregung zuzuführen, welche insbesondere unabhängig von der Erregung des ersten Stigmators eingestellt werden kann.

**[0019]** Je nachdem, ob ein oder zwei Stigmatoren vorgesehen sind, bieten diese ein oder zwei weitere Freiheitsgrade, um das Muster der Anordnung von Auftrefforten der die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchenstrahlen in der Ebene der ersten Multiaperturplatte zu beeinflussen und insbesondere mögliche Abbildungsfehler der ersten, zweiten oder dritten Teilchenlinse zu kompensieren.

**[0020]** Gemäß weiterer beispielhafter Ausführungsformen umfasst die Vorrichtung ferner eine vierte Teilchenlinse, welche in dem Strahlengang zwischen der Teilchenquelle und der zweiten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, der vierten Teilchenlinse eine einstellbare Erregung zuzuführen. Eine Änderung der Erregung der vierten Teilchenlinse führt zu einer Änderung der Divergenz des von der Teilchenquelle erzeugten und auf die zweite Multiaperturplatte auftreffenden Teilchenstrahls. Eine Änderung dieser Divergenz führt weiter zu einer Änderung der Teilchendichte der die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchen und damit zu einer Änderung der Strahlintensitäten bzw. Strahlströme der durch die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen. Da Teilchen dieser Teilchenstrahlen wiederum die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzen und die im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen bilden, ändert die Änderung der Erregung der vierten Teilchenlinse die Strahlintensitäten bzw. Strahlströme der im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen. Die Möglichkeit, die Intensitäten der von der Vorrichtung erzeugten Teilchenstrahlen zu ändern, kann beim Einsatz der Vorrichtung in der Praxis wünschenswert sein.

**[0021]** Da die Änderung der Intensitäten der erzeugten Teilchenstrahlen mittels der Änderung der Erregung der vierten Teilchenlinse zu einer Änderung der Divergenz der auf die zweite Multiaperturplatte treffenden Teilchen führt, führt dies zu einer Änderung des Anordnungsmusters der Orte, an denen die durch die Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen auf die erste Multiaperturplatte treffen. Diese Änderungen können allerdings durch entsprechende Änderungen der Erregungen der ersten, zweiten und dritten Teilchenlinse kompensiert werden, so dass weiterhin die im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte gebildeten Teilchenstrahlen durch die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte gebildet werden.

**[0022]** Gemäß weiteren Ausführungsformen der Erfindung wird ein Vielstrahl-Teilchenstrahlensystem bereitgestellt, welches die vorangehend erläuterte Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen und eine Objektivlinse zum Fokussieren der Teilchenstrahlen an einem Objekt umfasst. Gemäß beispielhaften Ausführungsformen ist das Vielstrahl-Teilchenstrahlensystem ein Vielstrahl-Teilchenstrahlmikroskop, welches eine Detektoranordnung zur Detektion von Signalen umfasst, die durch die Teilchenstrahlen an dem Objekt erzeugt werden.

**[0023]** Beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beiliegenden Figuren erläutert. Hierbei zeigt:

**Fig. 1** eine schematische Darstellung eines Vielstrahl-Teilchenstrahlsystems gemäß einer Ausführungsform; und

**Fig. 2** eine schematische Querschnittsdarstellung einer Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen gemäß einer Ausführungsform.

**[0024]** **Fig. 1** ist eine schematische Darstellung eines Vielstrahl-Teilchenstrahlsystems **1**, welches mit einer Vielzahl von Teilchenstrahlen arbeitet. Das Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem **1** erzeugt eine Vielzahl von Teilchenstrahlen, welche auf ein zu untersuchendes Objekt treffen, um dort Elektronen zu erzeugen, welche von dem Objekt ausgehen und nachfolgend detektiert werden. Das Vielstrahl-Teilchenstrahlsystem **1** ist vom Rasterelektronenmikroskoptyp („scanning electron microscope“, SEM), welches mehrere primäre Elektronenstrahlen **3** einsetzt, die an Orten **5** auf einer Oberfläche des Objekts **7** auftreffen und dort mehrere Elektronenstrahlflecken bzw. -spots erzeugen. Das zu untersuchende Objekt **7** kann von einer beliebigen Art sein und beispielsweise einen Halbleiter-Wafer, eine biologische Probe und eine Anordnung miniaturisierter Elemente oder dergleichen umfassen. Die Oberfläche des Objekts **7** ist in einer Objektebene **101** einer Objektivlinse **102** eines Objektivlinsensystems **100** angeordnet.

**[0025]** Der vergrößerte Ausschnitt **11** der **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf die Objektebene **101** mit einem regelmäßigen rechtwinkligen Feld **103** von Auftrefforten **5**, welche in der Ebene **101** gebildet werden. In **Fig. 1** beträgt die Zahl der Auftrefforte **25**, welche ein 5 x 5-Feld **103** bilden. Die Zahl **25** an Auftrefforten ist eine aus Gründen der vereinfachten Darstellung gewählte kleine Zahl. In der Praxis kann die Zahl an Strahlen bzw. Auftrefforten wesentlich größer gewählt werden, wie beispielsweise 20 x 30, 100 x 100 und dergleichen.

**[0026]** In der dargestellten Ausführungsform ist das Feld **103** von Auftrefforten **5** ein im Wesentlichen regelmäßiges rechtwinkliges Feld mit einem konstanten Abstand **P1** zwischen benachbarten Auftrefforten. Beispielhafte Werte des Abstands **P1** sind 1 Mikrometer, 10 Mikrometer und 40 Mikrometer. Es ist jedoch auch möglich, dass das Feld **103** andere Symmetrien aufweist, wie beispielsweise eine hexagonale Symmetrie.

**[0027]** Ein Durchmesser der in der Objektebene **101** geformten Strahlflecken kann klein sein. Beispielhafte Werte dieses Durchmessers betragen 1 Nanometer, 5 Nanometer, 100 Nanometer und 200 Nanometer. Das Fokussieren der Teilchenstrahlen **3** zur Formung der Strahlflecken **5** erfolgt durch das Objektivlinsensystem **100**.

**[0028]** Die auf das Objekt treffenden Teilchen erzeugen Elektronen, welche von der Oberfläche des Objekts **7** ausgehen. Die von der Oberfläche des Objekts **7** ausgehenden Elektronen werden durch die Objektivlinse **102** zu Elektronenstrahlen **9** geformt. Das Inspektionssystem **1** stellt einen Elektronenstrahlengang **11** bereit, um die Vielzahl von Elektronenstrahlen **9** einem Detektionssystem **200** zuzuführen. Das Detektionssystem **200** umfasst eine Elektronenoptik mit einer Projektionslinse **205**, um die Elektronenstrahlen **9** auf einen Elektronen-Multi-Detektor **209** zu richten.

**[0029]** Der Ausschnitt **12** in **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf eine Ebene **211**, in welcher einzelne Detektionsbereiche liegen, auf welche die Elektronenstrahlen **9** an Orten **213** auftreffen. Die Auftrefforte **213** liegen in einem Feld **217** mit einem regelmäßigen Abstand **P2** zueinander. Beispielhafte Werte des Abstands **P2** sind 10 Mikrometer, 100 Mikrometer und 200 Mikrometer.

**[0030]** Die primären Elektronenstrahlen **3** werden in einer in **Fig. 1** sehr schematisch dargestellten Vorrichtung **300** zum Erzeugen einer Vielzahl von Teilchenstrahlen erzeugt, welche wenigstens eine Elektronenquelle **301**, wenigstens eine Kollimationslinse **303**, und eine Multiaperturplattenanordnung **305** sowie gegebenenfalls eine Feldlinse **307** umfasst. Die Elektronenquelle **301** erzeugt einen divergierenden Elektronenstrahl **309**, welcher durch die wenigstens eine Kollimationslinse **303** kollimiert wird, um einen Strahl **311** zu formen, welcher die Multiaperturplattenanordnung **305** beleuchtet.

**[0031]** Der Ausschnitt **13** in **Fig. 1** zeigt eine Draufsicht auf die Multiaperturplattenanordnung **305**. Die Multiaperturplattenanordnung **305** umfasst eine Multiaperturplatte **313**, welche eine Mehrzahl von darin ausgebildeten Öffnungen **315** aufweist. Mittelpunkte **317** der Öffnungen **315** sind in einem Feld **319** angeordnet, welches dem Feld **103** entspricht, welches durch die Strahlflecken **5** in der Objektebene **101** gebildet wird. Ein Abstand **P3** der Mittelpunkte **317** der Öffnungen **315** voneinander kann beispielhafte Werte von 5 Mikrometer, 100 Mikrometer und 200 Mikrometer aufweisen. Die Durchmesser **D** der Öffnungen **315** sind kleiner als der Abstand **P3** der Mittelpunkte der Öffnungen. Beispielhafte Werte der Durchmesser **D** sind  $0,2 \times P3$ ,  $0,4 \times P3$  und  $0,8 \times P3$ .

**[0032]** Elektronen des beleuchtenden Strahls **311** durchsetzen die Öffnungen **315** und bilden Elektronenstrahlen **3**. Elektronen des beleuchtenden Strahls **311**, welche auf die Platte **313** treffen, werden durch diese abgefangen und tragen nicht zur Bildung der Elektronenstrahlen **3** bei.

**[0033]** Die Multiaperturplattenanordnung **305** kann die Elektronenstrahlen **3** derart fokussieren, dass in

einer Ebene **325** Strahlfoki **323** gebildet werden. Ein Durchmesser der Foki **323** kann beispielsweise 10 Nanometer, 100 Nanometer und 1 Mikrometer betragen.

**[0034]** Die Feldlinse **307** und die Objektivlinse **102** stellen eine erste abbildende Teilchenoptik bereit, um die Ebene **325**, in der die Foki gebildet werden, auf die Objektebene **101** abzubilden, so dass dort ein Feld **103** von Auftrefforten **5** bzw. Strahlflecken auf der Oberfläche des Objekts **7** gebildet wird.

**[0035]** Die Objektivlinse **102** und die Projektionslinsenanordnung **205** stellen eine zweite abbildende Teilchenoptik bereit, um die Objektebene **101** auf die Detektionsebene **211** abzubilden. Die Objektivlinse **102** ist somit eine Linse, welche sowohl Teil der ersten als auch der zweiten Teilchenoptik ist, während die Feldlinse **307** nur der ersten Teilchenoptik und die Projektionslinse **205** nur der zweiten Teilchenoptik angehören.

**[0036]** Eine Strahlweiche **400** ist in dem Strahlengang der ersten Teilchenoptik zwischen der Multiaperturplattenanordnung **305** und dem Objektivlinsensystem **100** angeordnet. Die Strahlweiche **400** ist auch Teil der zweiten Teilchenoptik im Strahlengang zwischen dem Objektivlinsensystem **100** und dem Detektionssystem **200**.

**[0037]** Weitergehende Information zu solchen Vielstrahl-Teilchenstrahlensystemen und darin eingesetzten Komponenten, wie etwa Teilchenquellen, Multiaperturplatten und Linsen, kann aus den internationalen Patentanmeldungen WO 2005 / 024 881 A2, WO 2007 / 028 595 A1, WO 2007 / 028 596 A1 und WO 2007 / 060 017 A2 und den deutschen Patentanmeldungen DE 10 2013 016 113 A1, DE 10 2013 014 976 A1 und DE 10 2014 008 083 A1 erhalten werden, deren Offenbarung vollumfänglich durch Inbezugnahme in die vorliegende Anmeldung aufgenommen wird.

**[0038]** Eine Vorrichtung **300** zum Erzeugen einer Vielzahl von Teilchenstrahlen **3** ist in **Fig. 2** schematisch im Längsschnitt dargestellt. Die Vorrichtung **300** umfasst eine Teilchenquelle **11** und eine erste Multiaperturplatte **13** mit einer Vielzahl von Öffnungen **15**, eine zweite Multiaperturplatte **17** mit einer Vielzahl von Öffnungen **19**. In einem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte **17** und der ersten Multiaperturplatte **13** ist eine erste Teilchenlinse **21** angeordnet. In dem Strahlengang zwischen der ersten Teilchenlinse **21** und der ersten Multiaperturplatte **13** ist eine zweite Teilchenlinse **22** angeordnet. In dem Strahlengang zwischen der zweiten Teilchenlinse **22** und der ersten Multiaperturplatte **13** ist eine dritte Teilchenlinse **23** angeordnet. In dem Strahlengang zwischen der Teilchenquelle **11** und der zweiten

Multiaperturplatte **17** ist eine vierte Teilchenlinse **24** angeordnet.

**[0039]** Die Erregungen der ersten, zweiten, dritten und vierten Teilchenlinse **21**, **22**, **23** bzw. **24** sind durch eine Steuerung **27** einstellbar, welche den Teilchenlinsen **21**, **22**, **23** und **24** jeweils einstellbare Erregungen über Zuführungsleitungen zuführen. Die Teilchenlinsen **21**, **22**, **23** und **24** können magnetische Teilchenlinsen sein, welche auf Teilchenstrahlen, welche die jeweilige Teilchenlinse durchsetzen, eine fokussierende Wirkung aufweisen. Die Stärke der fokussierenden Wirkung entspricht der der jeweiligen Linse zugeführten Erregung, d. h. im Falle der magnetischen Teilchenlinse, dem zugeführten Erregungsstrom. Die Teilchenlinsen können allerdings auch elektrostatische Teilchenlinsen sein, welche elektrostatische Felder bereitstellen, die auf die jeweilige Teilchenlinse durchsetzenden Teilchenstrahlen eine fokussierende oder divergierende Wirkung bereitstellen. Diese Wirkungen werden durch elektrostatische Felder erzeugt, zu deren Erregung den Linsen von der Steuerung einstellbare elektrische Spannungen zugeführt werden, die an Elektroden der jeweiligen Teilchenlinse angelegt werden. Die Teilchenlinsen können jeweils auch eine Kombination aus magnetischen und elektrostatischen Feldern bereitstellen, um auf die die jeweilige Teilchenlinse durchsetzenden Teilchenstrahlen fokussierende oder divergierende Wirkungen bereitzustellen.

**[0040]** Die Teilchenquelle **11** erzeugt im Betrieb einen divergenten Teilchenstrahl **31**, welcher die vierte Teilchenlinse **24** durchsetzt und auf die zweite Multiaperturplatte **17** trifft. Ein Teil der Teilchen des Strahls **31**, welcher auf die Multiaperturplatte **17** trifft, durchsetzt diese durch die Öffnungen **19** der zweiten Multiaperturplatte **17**, während ein anderer Teil von der zweiten Multiaperturplatte **17** absorbiert wird und die Öffnungen **19** nicht durchsetzt. Die Teilchen des Strahls **31**, welche die zweite Multiaperturplatte durch deren Öffnungen **19** durchsetzen, bilden im Strahlengang hinter der zweiten Multiaperturplatte **17** eine Vielzahl von Teilchenstrahlen **33**.

**[0041]** Jeder der Teilchenstrahlen **33** durchsetzt nacheinander die erste Teilchenlinse **21**, die zweite Teilchenlinse **22** und die dritte Teilchenlinse **23**, bevor er auf die erste Multiaperturplatte **13** trifft. Ein Teil der Teilchen eines jeden der Teilchenstrahlen **33** durchsetzt eine der Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** und bildet im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** einen der Teilchenstrahlen **3**. Ein anderer Teil der Teilchen eines jeden der Teilchenstrahlen **33** trifft auf die Multiaperturplatte **13** und wird von dieser absorbiert, ohne eine der Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** zu durchsetzen.

**[0042]** Im Strahlengang vor oder hinter der ersten Multiaperturplatte **13** kann eine Blende **35** angeord-

net sein, welche eine Öffnung **36** aufweist, welche von sämtlichen Strahlen **3** durchsetzt wird und an welche durch die Steuerung **27** ein von dem Potential der ersten Multiaperturplatte **13** verschiedenes elektrisches Potential angelegt werden kann, um ein elektrisches Feld zwischen der ersten Multiaperturplatte **13** und der Blende **35** zu erzeugen. Ein solches elektrisches Feld kann auf die einzelnen Teilchenstrahlen **3** jeweils fokussierend wirken und dazu beitragen, die Strahlfoki **323** zu bilden, welche durch die Objektivlinse **102** auf die Oberfläche **101** des Objekts **7** abgebildet werden.

**[0043]** Es ist wünschenswert, dass die Teilchenstrahlen im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** mit einer vorbestimmten Divergenz bzw. Konvergenz gebildet werden. In der Darstellung der **Fig. 2** bilden die Teilchenstrahlen **3** im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** ein Bündel paralleler Strahlen **3**. Um dies zu erreichen, müssen die auf die erste Multiaperturplatte **13** treffenden Teilchenstrahlen **33** mit einer entsprechenden Konvergenz bzw. Divergenz auf der ersten Multiaperturplatte **13** auftreffen. Diese Konvergenz bzw. Divergenz kann über die Einstellung der Erregungen, welche den Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** zugeführt werden, eingestellt werden.

**[0044]** Die im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** gebildeten Teilchenstrahlen **3** werden durch die Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** definiert. Dies bedeutet, dass ein Querschnitt eines jeden der Teilchenstrahlen **3** unmittelbar hinter der ersten Multiaperturplatte **13** durch den Querschnitt der Öffnung **15** bestimmt ist, welche der jeweilige Teilchenstrahl **3** durchsetzt.

**[0045]** Ähnlich werden die Strahlen **33** im Strahlengang hinter der zweiten Multiaperturplatte **17** durch die Öffnungen **19** der zweiten Multiaperturplatte **17** definiert.

**[0046]** Die Änderung der Erregung der vierten Teilchenlinse **24** führt zu einer Änderung der Divergenz des Teilchenstrahls **31** beim Auftreffen auf die zweite Multiaperturplatte **17**. Da die Änderung der Divergenz des Strahls **31** beim Auftreffen auf die zweite Multiaperturplatte **17** im Strahlengang vor der zweiten Multiaperturplatte **17**, d. h. mit einem Abstand von dieser durchgeführt wird, ändert sich durch das Ändern der Divergenz des Teilchenstrahls **31** auch die Größe der Fläche der zweiten Multiaperturplatte **17**, welche durch den Teilchenstrahl **31** beleuchtet wird. In **Fig. 2** ist eine Hauptebene **44** der vierten Teilchenlinse **24** als zu einer optischen Achse **47** orthogonale Ebene dargestellt, welche einen Abstand von der zweiten Multiaperturplatte **17** aufweist.

**[0047]** Mit der Änderung der von dem Teilchenstrahl **31** auf der zweiten Multiaperturplatte **17** be-

leuchteten Fläche ändern sich auch die Strahlströme der die Öffnungen **19** der zweiten Multiaperturplatte **17** durchsetzenden Teilchenstrahlen **33**, wenn der Strahlstrom des Teilchenstrahls **31** unverändert bleibt. Weiterhin ändern sich die Strahlströme der die Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** durchsetzenden Teilchenstrahlen **33** entsprechend den Strahlströmen der Teilchenstrahlen **33**, welche auf die erste Multiaperturplatte **13** treffen. Somit ist ersichtlich, dass durch Ändern der Erregung der vierten Teilchenlinse **24** die Strahlströme der von der Vorrichtung **300** erzeugten Teilchenstrahlen **3** geändert werden können. Mit der Änderung der Strahlströme der Teilchenstrahlen **3** geht allerdings eine Änderung der Divergenz einher, mit welcher der Teilchenstrahl **31** auf die zweite Multiaperturplatte **17** trifft und mit welcher ebenfalls die Teilchenstrahlen **33** im Strahlengang hinter der zweiten Multiaperturplatte **17** gebildet werden. Wie vorangehend erläutert, soll allerdings die Divergenz der Teilchenstrahlen **3**, welche hinter der ersten Multiaperturplatte gebildet werden, unverändert bleiben. Dies kann durch eine Änderung der Erregungen der ersten, zweiten und dritten Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** durch die Steuerung **27** erreicht werden. Die Möglichkeit der Änderung der drei Erregungen der drei Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** bietet drei Freiheitsgrade zur Beeinflussung der Teilchenstrahlen **33**.

**[0048]** Einer dieser Freiheitsgrade wird benötigt, um die Divergenz der Teilchenstrahlen **33** im Strahlengang hinter der zweiten Multiaperturplatte **17** so zu ändern, dass die Teilchenstrahlen **33** mit der für die Divergenz der Teilchenstrahlen **3** im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** gewünschten Divergenz auf die erste Multiaperturplatte **13** auftreffen.

**[0049]** Ein zweiter Freiheitsgrad wird benötigt, um die Abstände der Teilchenstrahlen **33** voneinander einzustellen, mit welchen diese auf die erste Multiaperturplatte **13** auftreffen. Diese Abstände sollen den Abständen der Öffnungen **15** in der ersten Multiaperturplatte **13** voneinander entsprechen, so dass Teilchen eines jeden der Teilchenstrahlen **33** auch eine entsprechende Öffnung **15** der ersten Multiaperturplatte **13** durchsetzen.

**[0050]** Ein dritter Freiheitsgrad wird aus folgendem Grund benötigt: Wenn die Teilchenstrahlen **33** die Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** durchlaufen und eine dieser Linsen eine magnetische Teilchenlinse ist, so führt das durch die Teilchenlinse bereitgestellten Magnetfeld dazu, dass die Teilchenstrahlen innerhalb des Magnetfelds jeweils auf einer spiralförmigen Bahn verlaufen. Dies bedeutet, dass Teilchenstrahlen **33**, welche in der Darstellung der **Fig. 2** kurz unterhalb der zweiten Multiaperturplatte **17** in der Zeichenebene verlaufen, nach Durchsetzen einer der Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** aus der Zeichenebene

der **Fig. 2** herausgedreht werden und nicht die für den Teilchenstrahl **33** vorgesehene und in der Zeichenebene liegende Öffnung **15** der ersten Multiaperturplatte **13** treffen.

**[0051]** Der dritte Freiheitsgrad wird deshalb dazu genutzt, die durch alle Teilchenlinsen **21**, **22** und **23** bereitgestellte Verdrehung der Teilchenstrahlen **33** um die optische Achse **47** so einzustellen, dass die Teilchenstrahlen **33** die für diese vorgesehenen Öffnungen **15** in der ersten Multiaperturplatte **13** treffen und die im Strahlengang hinter der ersten Multiaperturplatte **13** bereitgestellten Teilchenstrahlen **3** bilden. Die Erregungen der Teilchenlinsen können deshalb so eingestellt werden, dass die in **Fig. 2** dargestellten Teilchenstrahlen **3** die Öffnungen **15** in der ersten Multiaperturplatte **13** in Richtungen durchsetzen, welche in der Zeichenebene der **Fig. 2** liegen. Allgemeiner ausgedrückt, durchsetzen die Teilchenstrahlen die Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** in Richtungen, welche in Ebenen liegen, die die optische Achse **47** der erste, zweite und dritte Teilchenlinse **21**, **22**, **23** und ein Zentrum der Öffnung **15** der ersten Multiaperturplatte **13** enthält, welche der jeweilige Teilchenstrahl **3** durchsetzt.

**[0052]** Die Erregungen der drei zwischen der ersten Multiaperturplatte **13** und der zweiten Multiaperturplatte **17** angeordneten Teilchenlinsen **21** bis **23** können so eingestellt sein, dass das Linsensystem aus diesen drei Teilchenlinsen **21** bis **23** einen quellenseitigen Brennpunkt aufweist, der in der Nähe der Teilchenquelle **11** liegt. Vorteilhafterweise, aber nicht notwendigerweise, fällt der quellenseitige Brennpunkt des aus den Teilchenlinsen **21** bis **23** bestehenden Linsensystems mit der Position der Teilchenquelle **11** zusammen. Dadurch kann erreicht werden, dass die Öffnungen **15** der ersten Multiaperturplatte **13** mit kollimierten oder nahezu kollimierten Teilchenstrahlen bestrahlt werden und die von der ersten Multiaperturplatte **13** erzeugten Teilchenstrahlen **3** telezentrisch aus der ersten Multiaperturplatte **13** austreten. Die Änderung der Strahlströme der die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte **13** durchsetzenden Teilchenstrahlen **3** kann durch Änderung der Erregung der vierten Teilchenlinse **24** erfolgen. Die vierte Teilchenlinse **24** ist sehr nahe an der Teilchenquelle **11** und damit sehr nahe am quellenseitigen Brennpunkt des aus den drei zwischen der ersten Multiaperturplatte **13** und der zweiten Multiaperturplatte **17** angeordneten Teilchenlinsen **21** bis **23** bestehenden Linsensystems angeordnet. Für eine exakte Beibehaltung der Telezentrie der Teilchenstrahlen **3** bei einer Änderung der Strahlströme in den Teilchenstrahlen **33** ist eine Änderung der Erregungen des Linsensystems aus den drei Teilchenlinsen **21** bis **23** erforderlich.

**[0053]** Des weiteren können die Erregungen der drei zwischen der ersten Multiaperturplatte **13** und

der zweiten Multiaperturplatte **17** angeordneten Teilchenlinsen **21** bis **23** so variiert werden, dass der gemeinsame quellenseitige Brennpunkt des aus diesen drei Teilchenlinsen **21** bis **23** bestehenden Linsensystems zwar ortsfest bleibt, sich aber gleichzeitig der Abstand der Hauptebene des aus diesen drei Teilchenlinsen **21** bis **23** bestehenden Linsensystems von deren quellenseitigem Brennpunkt und damit von der Teilchenquelle **11** verändert. Dadurch kann der Abstand (Pitch) zwischen den Teilchenstrahlen **33** beim Auftreffen auf die erste Multiaperturplatte **13** variiert werden, ohne die Telezentrie der Teilchenstrahlen **33** beim Einfallen auf die erste Multiaperturplatte **13** zu verändern. Die für die Verlagerung der Hauptebene des aus den drei Teilchenlinsen **21** bis **23** bestehenden Linsensystems erforderlichen Erregungsänderungen können dabei - falls ein Teil der Teilchenlinsen **21** bis **23** als Magnetlinsen ausgeführt sind, so auf die drei Teilchenlinsen **21** bis **23** verteilt werden, dass keine zusätzliche Rotation der Teilchenstrahlenbündel **33** auftritt.

**[0054]** Insgesamt können durch die beschriebene Anordnung und die beschriebene Wahl der Erregungen der vier Teilchenlinsen **21** bis **24** sowohl die Strahlströme der Teilchenstrahlen **33**, deren Telezentrie bei Auftreffen der Teilchenstrahlen **33** auf die erste Multiaperturplatte **13** und deren Abstände untereinander (der Pitch) unabhängig voneinander variiert werden, ohne eine Rotation der Gesamtheit der Teilchenstrahlen **33** relativ zur ersten Multiaperturplatte **13** zu erzeugen.

**[0055]** Die Vorrichtung **300** umfasst ferner einen ersten Stigmator **41**, welcher in dem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte **17** und der ersten Multiaperturplatte **13** angeordnet ist. Die Steuerung **27** ist dazu konfiguriert, dem ersten Stigmator **41** eine einstellbare Erregung zuzuführen. Die Vorrichtung umfasst ferner einen zweiten Stigmator **42**, welcher in dem Strahlengang zwischen dem ersten Stigmator **41** und der ersten Multiaperturplatte **13** angeordnet ist. Die Steuerung **27** ist dazu konfiguriert, dem zweiten Stigmator **42** eine einstellbare Erregung zuzuführen.

**[0056]** Die Stigmatoren **41** und **42** stellen von deren Erregung abhängige Multipolfelder bereit, welche das Bündel der die Stigmatoren **41** und **42** durchsetzenden Teilchenstrahlen **33** beeinflussen, um das Muster der Anordnung von Auftrefforten der Teilchenstrahlen **33** in der Ebene der ersten Multiaperturplatte **13** zu beeinflussen und insbesondere mögliche Abbildungsfehler der ersten, zweiten oder dritten Teilchenlinse **21**, **22**, **23** zu kompensieren. So kann durch geeignete Ansteuerung der Stigmatoren **41** und **42** der Winkel verändert werden, unter dem die Teilchenstrahlen **3** auf das Objekt **7** treffen. Um ferner weitere Fehler der Optik, wie beispielsweise der Objektivlinse **102** zu kompensieren, kann zusätzlich zu den



beiden Stigmatoren **41** und **42** ein weiterer Stigmatore vor oder hinter der ersten Multiaperturplatte **13** angeordnet werden, welcher weitere Freiheitsgrade zur Beeinflussung der Teilchenstrahlen bereitstellt. Um noch weitere Freiheitsgrade zu erhalten, können beispielsweise ein oder mehrere Strahlablenker vor oder hinter der ersten Multiaperturplatte **13** angeordnet werden, und die Stigmatoren selbst können auch als Ablenker betrieben werden.

**[0057]** Insbesondere können den Stigmatoren **41**, **42** zusätzlich zu den Erregungen, die für die Korrektur von Abbildungsfehlern der ersten, zweiten und dritten Teilchenlinse **21**, **22** und **23** und/oder für die Korrektur von Abbildungsfehlern des nachfolgenden Linsensystems erforderlich sind, Dipolfelder überlagert werden, die eine gemeinsame und für alle Teilchenstrahlen **33** einheitliche Ablenkung erzeugen. Dadurch kann der Winkel zwischen den Teilchenstrahlen **33** und der Ebene der ersten Multiaperturplatte **13** und damit der Winkel, unter dem die Teilchenstrahlen **33** auf die erste Multiaperturplatte **13** auftreffen, variiert werden. Weiterhin kann ein der Stigmatorerrregung des ersten Stigmatore **41** überlagertes Dipolfeld eine inverse Polarität zu einem der Stigmatorerrregung des zweiten Stigmatore **42** überlagertes Dipolfeld aufweisen. Dadurch können zusätzlich zu dem Winkel, unter dem die Teilchenstrahlen **33** auf die erste Multiaperturplatte **13** auftreffen, die Positionen, an denen die Teilchenstrahlen **33** auf die erste Multiaperturplatte **13** auftreffen, variiert werden.

**[0058]** Des Weiteren - oder alternativ zu der ersten Multiaperturplatte **13** - kann in der in der **Fig. 2** nicht mehr dargestellten Ebene **325** (siehe **Fig. 1**), in der die Strahlfoki erzeugt werden, ein Multi-Deflektor Array angeordnet sein. Ein solches Multi-Deflektor-Array weist für jeden der Teilchenstrahlen **33** eine Öffnung auf. Um jede dieser Öffnungen sind zwei, drei, vier, acht oder mehr Elektroden angeordnet, die unabhängig voneinander mit elektrischen Potenzialen beaufschlagt werden können, so dass die Ablenkung, die jeder Teilchenstrahl erfährt, für jeden Teilchenstrahl unabhängig einstellbar und variiierbar ist. Mit einem solchen Multi-Deflektor-Array können die Einfallswinkel der Teilchenstrahlen **3** auf der Probe **7** individuell eingestellt werden. Ein solches Multi-Deflektor-Array kann die erste Multiaperturplatte **13** bilden oder zusätzlich zur ersten Multiaperturplatte **13** vorhanden sein. Im letzteren Fall sollte zwischen der ersten Multiaperturplatte **13** und dem Multi-Deflektor-Array ein weiteres Linsensystem aus drei Teilchenlinsen angeordnet sein, deren Erregungen individuell einstellbar sind. Durch geeignete aufeinander abgestimmte Erregung der Linsen dieses weiteren Linsensystems kann die Telezentrie der Teilchenstrahlen, der Abstand der Teilchenstrahlen untereinander (Pitch) und die Orientierung der Teilchenstrahlen relativ zu den Öffnungen des Multi-Deflektor-Arrays (Rotation) beim Auftreffen der Teilchenstrahlen

auf dem Multi-Deflektor-Array - wie oben beschrieben - unabhängig voneinander eingestellt werden.

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen (3), umfassend:  
 eine Teilchenquelle (11);  
 eine erste Multiaperturplatte (13), welche eine Vielzahl von Öffnungen (15) aufweist;  
 eine zweite Multiaperturplatte (17), welche eine Vielzahl von Öffnungen (19) aufweist und in einem Strahlengang der Vorrichtung zwischen der Teilchenquelle (11) und der ersten Multiaperturplatte (13) angeordnet ist;  
 eine erste Teilchenlinse (21), welche in dem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte (17) und der ersten Multiaperturplatte (13) angeordnet ist;  
 eine zweite Teilchenlinse (22), welche in dem Strahlengang zwischen der ersten Teilchenlinse (21) und der ersten Multiaperturplatte (13) angeordnet ist; und  
 eine Steuerung (27), welche dazu konfiguriert ist, der ersten Teilchenlinse (21) eine einstellbare Erregung zuzuführen und der zweiten Teilchenlinse (22) eine einstellbare Erregung zuzuführen;  
**gekennzeichnet durch** eine dritte Teilchenlinse (23), welche in dem Strahlengang zwischen der zweiten Teilchenlinse (22) und der ersten Multiaperturplatte (13) angeordnet ist;  
 wobei die Steuerung (27) ferner dazu konfiguriert ist, der dritten Teilchenlinse (23) eine einstellbare Erregung zuzuführen, und  
 wobei die Steuerung (27) dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, zweiten und dritten Teilchenlinse (21, 22, 23) so aufeinander abgestimmt bereitzustellen, dass Abstände zwischen den die zweite Multiaperturplatte (17) durchsetzenden Teilchenstrahlen (33) beim Auftreffen auf die erste Multiaperturplatte (13) einstellbar sind.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Teilchenquelle dazu konfiguriert ist, im Betrieb der Vorrichtung Teilchen zu erzeugen, welche die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, wobei die von der Teilchenquelle erzeugten Teilchen als divergenter Strahl auf die zweite Multiaperturplatte treffen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, wobei die Steuerung dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, der zweiten und der dritten Teilchenlinse so einzustellen, dass Teilchen welche die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzen, die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzen und im Strahlengang hinter der zweiten Multiaperturplatte die Vielzahl von Teilchenstrahlen bilden.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei Durchmesser der Öffnungen der ersten Multiaperturplatte und Durchmesser der Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte so aufeinander abgestimmt sind, dass ein erster Teil der die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchen auch die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte durchsetzt und ein zweiter Teil der die Vielzahl von Öffnungen der zweiten Multiaperturplatte durchsetzenden Teilchen auf die erste Multiaperturplatte trifft und die Öffnungen der ersten Multiaperturplatte nicht durchsetzt.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die erste, zweite und dritte Teilchenlinse eine gemeinsame optische Achse aufweisen, welche die erste Multiaperturplatte durchsetzt; wobei die Steuerung dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, der zweiten und der dritten Teilchenlinse so einzustellen, dass ein jeder der Teilchenstrahlen die Öffnung der ersten Multiaperturplatte in eine Richtung durchsetzt, welche in einer Ebene liegt, die die optische Achse und ein Zentrum der Öffnung der ersten Multiaperturplatte enthält, welche der Teilchenstrahl durchsetzt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, der zweiten und der dritten Teilchenlinse so einzustellen, dass ein jeder der Teilchenstrahlen die Öffnung der ersten Multiaperturplatte in eine Richtung durchsetzt, welche parallel zu der optischen Achse orientiert ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, ferner umfassend einen ersten Stigmator, welcher in dem Strahlengang zwischen der zweiten Multiaperturplatte und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, dem ersten Stigmator eine einstellbare Erregung zuzuführen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, ferner umfassend einen zweiten Stigmator, welcher in dem Strahlengang zwischen dem ersten Stigmator und der ersten Multiaperturplatte angeordnet ist, wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, dem zweiten Stigmator eine einstellbare Erregung zuzuführen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, ferner umfassend eine vierte Teilchenlinse, welche in dem Strahlengang zwischen der Teilchenquelle und der zweiten Multiaperturplatte angeordnet ist; und wobei die Steuerung ferner dazu konfiguriert ist, der vierten Teilchenlinse eine einstellbare Erregung zuzuführen.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Steuerung dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, zweiten, dritten und vierten Teilchenlinse so aufeinander abgestimmt bereitzustellen

und zu variieren, dass Abstände zwischen den die zweite Multiaperturplatte (17) durchsetzenden Teilchenstrahlen (33) beim Auftreffen auf die erste Multiaperturplatte (13) und Strahlströme der die erste Multiaperturplatte (13) durchsetzenden Teilchenstrahlen (3) unabhängig voneinander variierbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Steuerung dazu konfiguriert ist, die Erregungen der ersten, zweiten, dritten und vierten Teilchenlinse so aufeinander abgestimmt bereitzustellen und zu variieren, dass Abstände zwischen den die zweite Multiaperturplatte (17) durchsetzenden Teilchenstrahlen (33) beim Auftreffen auf die erste Multiaperturplatte (13), Strahlströme der die erste Multiaperturplatte (13) durchsetzenden Teilchenstrahlen (3) und eine Telezentrie der die erste Multiaperturplatte (13) durchsetzenden Teilchenstrahlen (3) unabhängig voneinander variierbar sind.

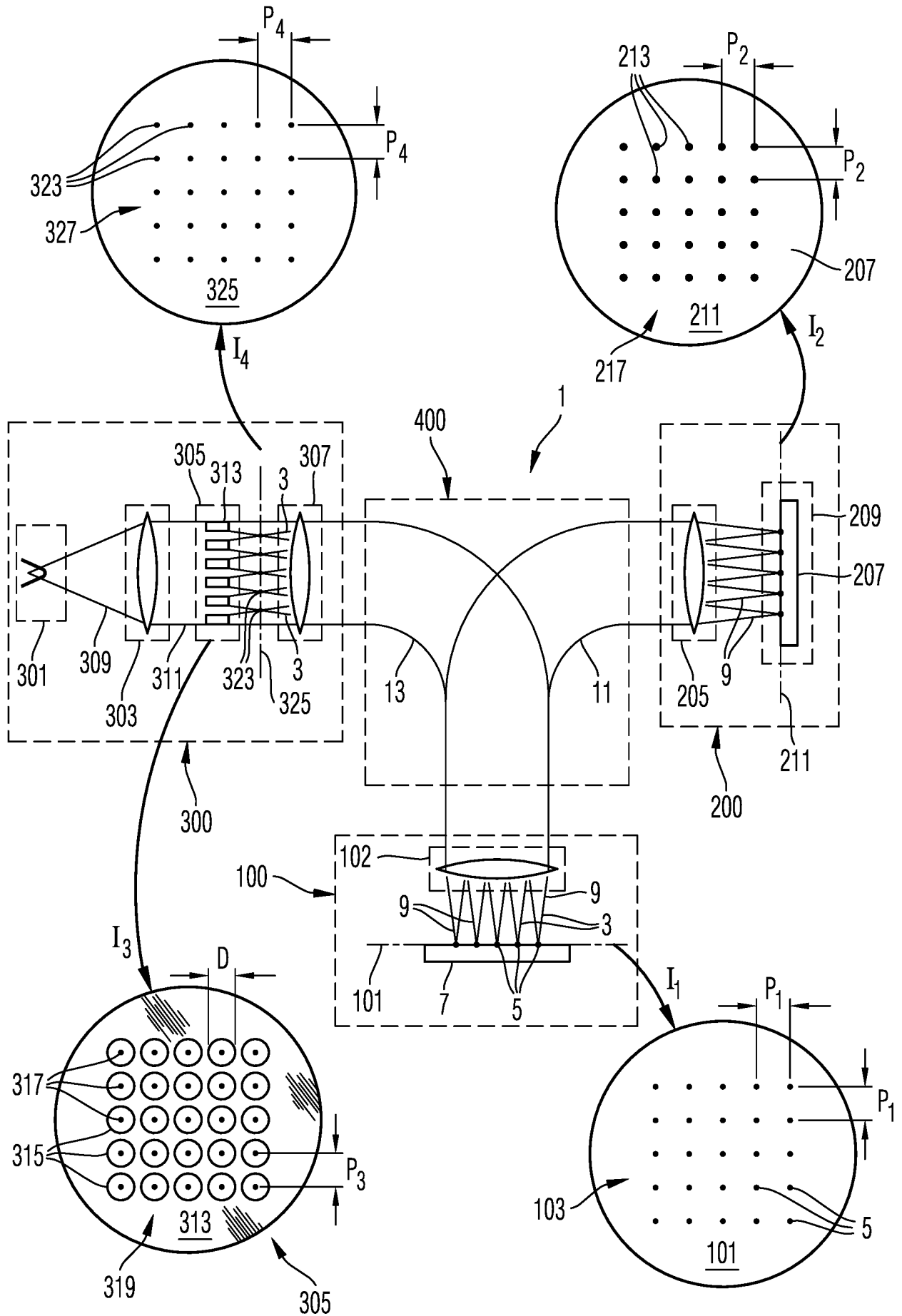
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 8, 9, 11 oder 12, soweit die Ansprüche 11 oder 12 auf einen der Ansprüche 8 oder 9 zurückbezogen sind, wobei die Steuerung dazu konfiguriert ist, den einstellbaren Erregungen des ersten Stigmaters (41) und/oder des zweiten Stigmaters (42) Dipolfelder erzeugende Erregungen zu überlagern.

14. Vielstrahl-Teilchenstrahlssystem, welches mit einer Vielzahl von Teilchenstrahlen arbeitet, wobei das Vielstrahl-Teilchenstrahlssystem umfasst: eine Vorrichtung zur Erzeugung einer Vielzahl von Teilchenstrahlen nach einem der Ansprüche 1 bis 13; und eine Objektivlinse zum Fokussieren der Teilchenstrahlen an einem Objekt.

15. Vielstrahl-Teilchenstrahlssystem nach Anspruch 14, ferner umfassend eine Detektoranordnung zur Detektion von Signalen, welche durch die Teilchenstrahlen an dem Objekt erzeugt werden.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



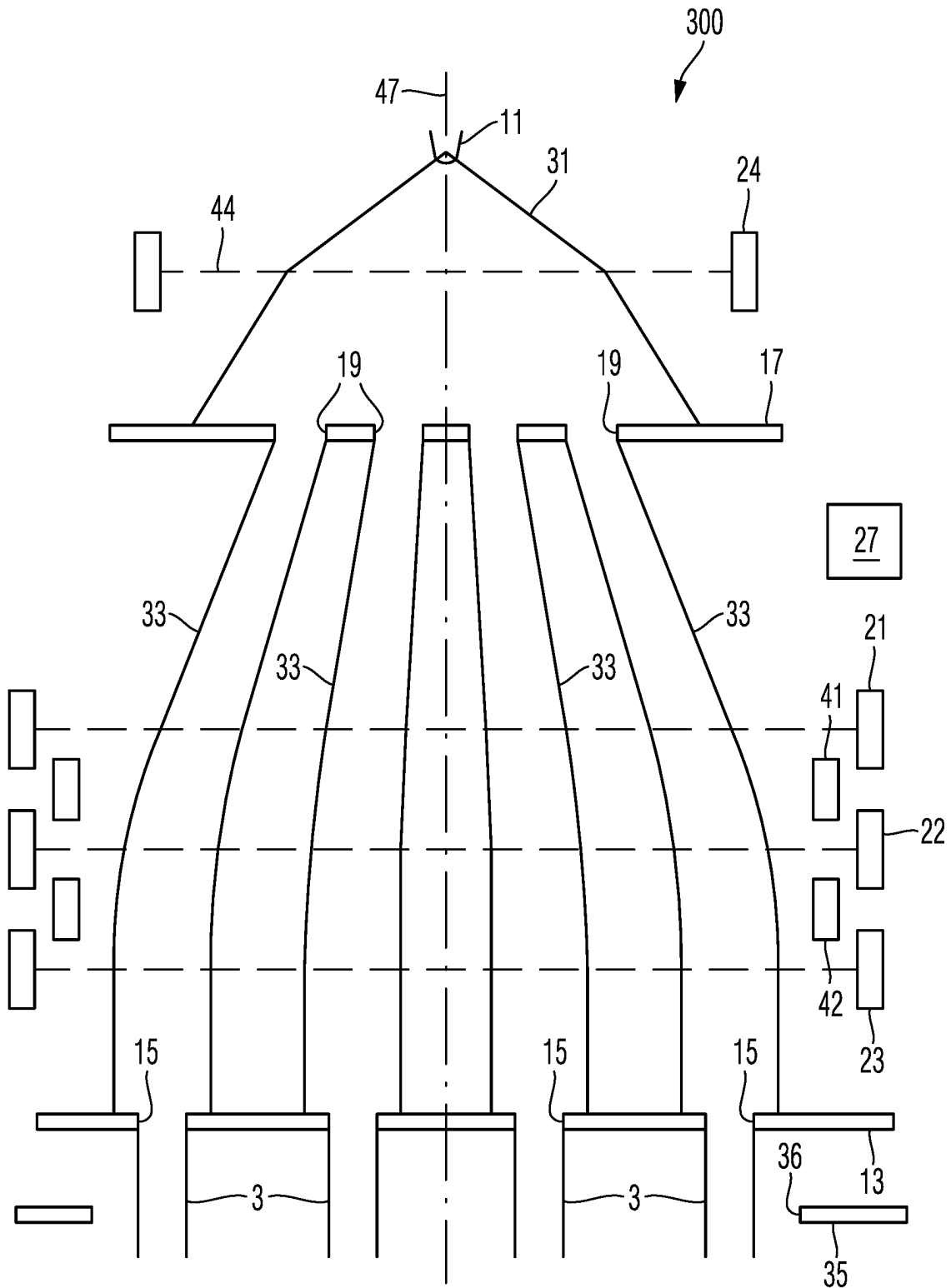


Fig. 2