



(10) **DE 10 2013 104 086 B3** 2014.10.23

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 104 086.1**
(22) Anmeldetag: **23.04.2013**
(43) Offenlegungstag: –
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **23.10.2014**

(51) Int Cl.: **H01J 37/305 (2006.01)**
C23C 14/30 (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:
**VON ARDENNE Anlagentechnik GmbH, 01324
Dresden, DE**

(74) Vertreter:
Viering, Jentschura & Partner, 01099 Dresden, DE

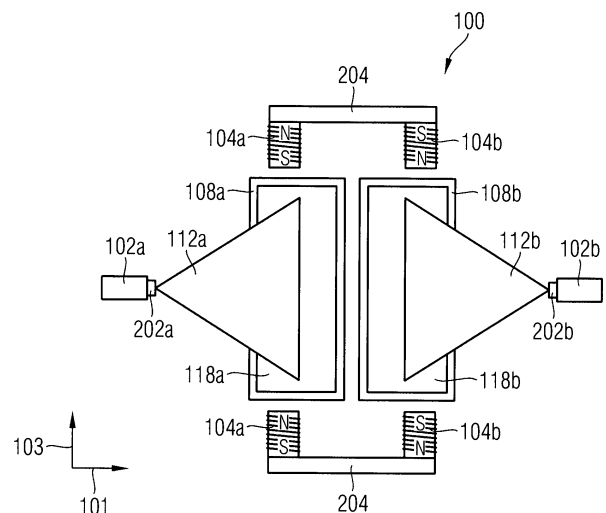
(72) Erfinder:
**Reinhold, Ekkehart, 01465 Langebrück, DE;
Faber, Jörg, 01809 Müglitztal, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

| | | |
|----|-----------------|----|
| DE | 195 23 529 | A1 |
| DE | 10 2010 029 690 | A1 |
| DE | 22 04 467 | A |
| US | 3 467 057 | A |

(54) Bezeichnung: **Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung und Verfahren zum Elektronenstrahl-Verdampfen**

(57) Zusammenfassung: Gemäß verschiedenen Ausführungsformen wird eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung (100) bereitgestellt, aufweisend: eine erste Elektronenstrahlquelle (102a), eingerichtet zum Bereitstellen eines ersten Elektronenstrahls (112a); eine zweite Elektronenstrahlquelle (102b), eingerichtet zum Bereitstellen eines zweiten Elektronenstrahls (112b); einen ersten Aufnahmebereich (106a) zum Aufnehmen eines ersten Materials (118a); einen zweiten Aufnahmebereich (106b) zum Aufnehmen eines zweiten Materials (118b); eine erste Umlenkconfiguration (104a), eingerichtet zum Umlenken des ersten Elektronenstrahls (112a) auf den ersten Aufnahmebereich (106a); eine zweite Umlenkconfiguration (104b), eingerichtet zum Umlenken des zweiten Elektronenstrahls (112b) auf den zweiten Aufnahmebereich (106b); und wobei die erste Umlenkconfiguration (104a) und die zweite Umlenkconfiguration (104b) miteinander magnetisch gekoppelt sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung und ein Verfahren zum Elektronenstrahl-Verdampfen.

[0002] Mittels Elektronenstrahl-Verdampfens können Substrate oder Träger beschichtet werden. Falls die Dampfdrücke der zu verdampfenden Stoffe oder Stoffkomponenten nahe beieinander liegen, kann beispielsweise ein Legierungsverdampfen und/oder Dotierungsverdampfen durchgeführt werden, z. B. ein sogenanntes Einzeltiegelverdampfen eines mehrkomponentigen Verdampfungsguts (das Verdampfungsgut kann auch als Targetmaterial bezeichnet werden).

[0003] Ferner kann ein bestimmtes Verdampfungsverhältnis der Komponenten durch eine sogenannte Nachfütterung erzwungen werden, wobei mindestens ein Material in dem Verdampfungsprozess zum Verdampfungsgut hinzugegeben wird, oder beispielsweise zusätzliches Verdampfungsgut bereitgestellt oder nachgeführt wird, wobei für gewöhnlich ein solches Legierungsverdampfen und/oder Dotierungsverdampfen technisch schwierig umsetzbar sein kann, da dieser Prozess eine zu geringe Langzeitstabilität aufweisen kann. Daher kann ein Mehrtiegelverdampfen (z. B. Zweitiegelverdampfen) verwendet werden, wobei jede Stoffkomponente in jeweils einem Verdampfungstiegel angeordnet sein kann und wobei die Verdampfungstiegel in ihrer räumlichen Position individuell angepasst sein können. Aufgrund eines bestimmten Abstands zwischen den jeweiligen Dampfquellen kann bei der Abscheidung eines Materials und/oder bei der Schichtbildung ein Konzentrationsgradient (oder ein Stoffmengen-Konzentrationsgradient) auftreten. Dieser Konzentrationsgradient in der abgeschiedenen Schicht kann aufgrund einer entsprechenden Bedampfungsgeometrie tolerierbar gestaltet sein. Ferner kann der Konzentrationsgradient in der abgeschiedenen Schicht angestrebt sein, wie es beispielsweise zum Bilden von Cermet-Schichten genutzt werden kann.

[0004] Der Dampfausnutzungsgrad beim Elektronenstrahlverdampfen kann verbessert sein, wenn der Abstand zwischen Substrat und den Dampfquellen auf der Oberfläche des Verdampfungsguts gering ist. Daher kann eine magnetische Umlenkkonfiguration zum Erzeugen eines statischen Magnetfeldes derart eingerichtet sein, dass eine entsprechende Führung eines Elektronenstrahls in der Verdampfungs-umgebung realisiert sein kann. Somit kann ein Strahleinschuss sowie eine Strahlführung des Elektronenstrahls zwischen der Dampfquelle und dem zu beschichtenden Substrat erfolgen, wobei der Elektronenstrahl vom Substrat fern bleiben kann und gleichzeitig ein steiler Auftreffwinkel auf der Oberfläche des Verdampfungsguts realisiert sein kann. Diese Konfi-

guration kann beispielsweise genutzt werden, um ein breites Substrat zu beschichten, wobei die Dampfquellen quer und symmetrisch zur Mitte des Substratflusses mit einem schnell abgelenkten Elektronenstrahl erzeugbar sind.

[0005] Beispielsweise kann jedoch ein Nachteil dieser Konfiguration sein, dass aufgrund der Umlenkfeldstärkeverteilung im Raum in der Regel nur eine Elektronenkanone einsetzbar sein kann, mit der dann die entsprechenden Dampfquellen während des Verdampfungsprozesses erzeugt werden müssen. Die Umlenkfeldstärkeverteilung im Raum kann die mittels einer Elektronenkanone erreichbaren Auftrefforte auf dem Verdampfungsgut beider Materialien in ihrer Flächenausdehnung ungleich einschränken, wobei der Elektronenstrahl mittels eines Strahlablenksystems (z. B. kann das Strahlablenksystem ein Teil einer Elektronenstrahlquelle sein) zu den entsprechenden Auftrefforten auf dem Verdampfungsgut gelenkt werden kann. Mit anderen Worten können zwei entsprechend angeordnete Tiegel für ein Verdampfen zweier Materialien von einem Elektronenstrahl einer Elektronenkanone nicht in gleicher Weise erreicht werden. Eine Einzelkanonenanordnung kann beispielsweise bei Großflächenbeschichtung mit großen Beschichtungsbreiten ungeeignet sein, zwei ausge dehnte Dampfquellverteilungen auf zwei Tiegeln zu erzeugen, so dass es schwierig sein kann, über die gesamte Breite eines Substrats eine hohe Schichtdickenkonstanz und/oder Konzentrationskonstanz zu gewährleisten.

[0006] In DE 22 04 467 A wird eine Aufdampfvorrichtung beschrieben, mittels welcher ein Metall aus einem Tiegel mit einer oder mehreren Elektronenkanonen verdampft werden kann, so dass ein Träger mit dem verdampften Metall beschichtet werden kann. Dabei kann der zu beschichtende Träger durch den Tiegel hindurch transportiert werden, wobei der Tiegel nahezu vollständig verschlossen ist.

[0007] Ferner wird in DE 195 23 529 A1 (D2) eine Einrichtung zum Elektronenstrahlbedampfen breiter Substrate beschrieben, wobei mehrere Elektronenstrahlen mittels eines homogenen Magnetfelds auf einen Tiegel abgelenkt werden, wobei sich das Magnetfeld parallel zur Oberfläche des Verdampfungsguts in dem Tiegel erstreckt und die Elektronenstrahlen in einem vordefinierten Winkelbereich zu dem Magnetfeld eingeschossen werden.

[0008] Ferner wird in DE 10 2010 029 690 A1 (D3) eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung für eine Mehrzahl von Elektronenstrahlkanonen zur Bestrahlung von Material in einem Tiegel bereitgestellt, wobei die Elektronenstrahlkanonen ein Ablenkssystem aufweisen.

[0009] Ferner wird in US 3,467,057 ein Elektronenstrahlverdampfer beschrieben, welcher eine Vorrichtung aufweist zum Erzeugen eines statischen elektrischen Feldes zwischen einer Elektronenkanone und einem Verdampfungsmaterial, so dass der Elektronenstrahl mittels einer elektrischen Spannung auf ein Material gelenkt werden kann, wobei die elektrische Spannung proportional zur Beschleunigungsspannung des Elektronenstrahls ist.

[0010] Ein Aspekt verschiedener Ausführungsformen kann anschaulich darin gesehen werden, dass eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung mehrere Elektronenstrahlquellen aufweisen kann, wobei die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung beim Betrieb einen verbesserten Dampfausnutzungsgrad aufweisen kann.

[0011] Ein anderer Aspekt kann beispielsweise darin gesehen werden, dass zwei verschiedene Materialien gleichzeitig mittels der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung verdampft werden können, wobei sich die zwei oder mehr Materialien in verschiedenen Behältern (z. B. in verschiedenen Verdampfungstiegen) befinden können, und dennoch die jeweiligen Verdampfungsprozessparameter für die Materialien in den verschiedenen Behältern unabhängig voneinander eingestellt werden können. Zu diesen Verdampfungsprozessparametern kann beispielsweise Folgendes zählen: der Leistungseintrag in das jeweilige Material, das Pattern (Muster) des Elektronenstrahls auf der jeweiligen Materialoberfläche, der Abstand des jeweiligen Materials von einem zu beschichtenden Substrat, der Auftreffwinkel des Elektronenstrahls auf der jeweiligen Materialoberfläche, die Verdampfungsrate des jeweiligen Materials, der Leistungseintrag des Elektronenstrahls, die räumliche Anordnung von Blenden und die räumliche Anordnung der jeweiligen Behälter der Materialien. Des Weiteren kann der Gesamtleistungseintrag in die beiden Materialien verbessert sein, da mehrere Elektronenstrahlquellen genutzt werden können.

[0012] Ferner kann ein Aspekt der verschiedenen Ausführungsformen sein, eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung bereitzustellen, so dass eine Gradientenschicht mit einer hohen Effizienz hergestellt werden kann, wobei beispielsweise der Materialausnutzungsgrad bei dem Elektronenstrahl-Verdampfen erhöht sein kann.

[0013] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung Folgendes aufweisen: eine erste Elektronenstrahlquelle, eingerichtet zum Bereitstellen eines ersten Elektronenstrahls; eine zweite Elektronenstrahlquelle, eingerichtet zum Bereitstellen eines zweiten Elektronenstrahls; einen ersten Aufnahmebereich zum Aufnehmen mindestens eines ersten Materials; einen zweiten Aufnahmebereich zum Auf-

nehmen mindestens eines zweiten Materials; eine erste magnetische Umlenkkonfiguration, eingerichtet zum Umlenken des ersten Elektronenstrahls auf den ersten Aufnahmebereich; und eine zweite magnetische Umlenkkonfiguration, eingerichtet zum Umlenken des zweiten Elektronenstrahls auf den zweiten Aufnahmebereich; wobei die erste Umlenkkonfiguration und die zweite Umlenkkonfiguration miteinander magnetisch gekoppelt sein können.

[0014] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste Umlenkkonfiguration und die zweite Umlenkkonfiguration miteinander mittels einer Magnetkopplungskonfiguration magnetisch gekoppelt sein. Ferner kann die Magnetkopplungskonfiguration ein Eisenjoch aufweisen oder aus einem Eisenjoch bestehen. Ferner kann eine Magnetkopplungskonfiguration eine Magnetkopplungsstruktur oder ein Magnetkopplungssystem sein.

[0015] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste Elektronenstrahlquelle und die zweite Elektronenstrahlquelle eine Elektronenstrahlkanone aufweisen. Ferner kann die erste Elektronenstrahlquelle oder die zweite Elektronenstrahlquelle eine Elektronenstrahlkanone aufweisen.

[0016] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Elektronenstrahlkanone ein Ablenssystem (Ablenkstruktur) aufweisen, zum Ablenken des Elektronenstrahls. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Elektronenstrahlkanone eine Elektronenquelle und ein Ablenssystem aufweisen, zum Ablenken des erzeugten Elektronenstrahls. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Richtung des Elektronenstrahls (die Abstrahlrichtung des Elektronenstrahls aus der Elektronenquelle) mittels des Ablenssystems in einem Winkelbereich von ungefähr -60° bis zu ungefähr $+60^\circ$ abgelenkt oder verändert werden.

[0017] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können der erste Aufnahmebereich und der zweite Aufnahmebereich zwischen der ersten Elektronenstrahlquelle und der zweiten Elektronenstrahlquelle angeordnet sein.

[0018] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der erste Aufnahmebereich mindestens einen ersten Behälter aufweisen zum Aufnehmen des mindestens einen ersten Materials; und/oder der zweite Aufnahmebereich kann mindestens einen zweiten Behälter aufweisen zum Aufnehmen des mindestens einen zweiten Materials.

[0019] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das mindestens eine erste Material in dem ersten Aufnahmebereich aufgenommen sein; und das mindestens eine zweite Material kann in dem zweiten Aufnahmebereich aufgenommen sein.

[0020] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können das mindestens eine erste Material und das mindestens eine zweite Material unterschiedliche Materialien sein.

[0021] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Aufnahmebereich mehrere Behälter aufweisen, die beispielsweise zur Aufnahme mehrerer Materialien oder weiterer Materialien verwendet werden können. Somit kann beispielsweise eine gleichzeitige Verdampfung von mehr als zwei Materialien realisiert werden.

[0022] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der erste Aufnahmebereich näher an der ersten Elektronenstrahlquelle angeordnet sein als der zweite Aufnahmebereich; und der zweite Aufnahmebereich kann näher an der zweiten Elektronenstrahlquelle angeordnet sein als der erste Aufnahmebereich.

[0023] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die erste magnetische Umlenkkonfiguration oder die zweite magnetische Umlenkkonfiguration eine Magnetanordnung und/oder eine Spulenordnung aufweisen.

[0024] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste magnetische Umlenkkonfiguration und die zweite magnetische Umlenkkonfiguration eine Magnetanordnung und/oder eine Spulenordnung aufweisen.

[0025] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die erste magnetische Umlenkkonfiguration einen ersten Magneten und/oder eine erste Spule aufweisen; und die zweite magnetische Umlenkkonfiguration kann einen zweiten Magneten und/oder eine zweite Spule aufweisen.

[0026] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste magnetische Umlenkkonfiguration und die zweite magnetische Umlenkkonfiguration jeweils zwei Spulen aufweisen.

[0027] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Magnetanordnung und/oder die Spulenordnung derart eingerichtet sein, dass ein erstes, den ersten Elektronenstrahl umlenkendes Magnetfeld, und ein zweites, den zweiten Elektronenstrahl umlenkendes Magnetfeld, zueinander entgegengesetzt orientiert sind.

[0028] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste Umlenkkonfiguration und die zweite Umlenkkonfiguration mittels mindestens eines Jochs miteinander magnetisch gekoppelt sein.

[0029] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Beschichtungsanlage Folgendes aufwei-

sen: eine Vakuumkammer; und eine in der Vakuumkammer angeordnete Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung, wie sie hierin beschrieben ist, zur Abscheidung einer Gradientenschicht auf einem Substrat in einem Beschichtungsbereich (oder einer Beschichtungszone) der Vakuumkammer.

[0030] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Gradientenschicht als eine Schicht mit einem Material-Gradienten entlang einer Richtung der Schicht sein, beispielsweise entlang einer seitlichen Richtung oder entlang einer Dickenrichtung (entlang der Dicke) der Schicht.

[0031] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Beschichtungsbereich ein Bereich innerhalb einer Vakuumkammer sein, in dem das Abscheiden des Verdampfungsguts stattfindet. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Beschichtungsbereich zumindest aus einem der folgenden Bereiche bestehen oder einen der folgenden Bereiche aufweisen: einen Verdampfbereich, beispielsweise nahe der Dampfquelle oder nahe der Tiegeloberfläche, in dem ein zum Beschichten verwendetes Material verdampft werden kann, einen Abscheidebereich, beispielsweise nahe der Oberfläche eines zu beschichtenden Substrats, in dem sich das im Verdampfbereich verdampfte Material auf dem zu beschichtenden Substrat abgeschieden werden kann, und/oder einen Dampfausbreitungsbereich, beispielsweise zwischen dem Tiegel (oder der Dampfquelle) und dem zu beschichtenden Substrat, in dem sich das verdampfte Material ausbreitet. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Beschichtungsanlage derart eingerichtet sein, dass sich der Beschichtungsbereich oder der Abscheidebereich nahe der zu beschichtenden Fläche des Substrates befindet oder an das zu beschichtende Substrat angrenzt.

[0032] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Beschichtungsanlage ferner eine Transportvorrichtung zum Transportieren eines Substrats durch den Beschichtungsbereich hindurch aufweisen.

[0033] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung zumindest teilweise unterhalb des Beschichtungsbereichs angeordnet sein.

[0034] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die vollständige Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung unterhalb eines Abscheidebereichs angeordnet sein.

[0035] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Beschichtungsanlage derart eingerichtet sein, dass sich der Beschichtungsbereich zumindest teilweise zwischen der zu beschichtenden Fläche des

Substrates und der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung befindet.

[0036] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Verfahren zum Abscheiden einer Schicht auf einem Substrat Folgendes aufweisen: das Umlenken eines ersten Elektronenstrahls mittels einer ersten magnetischen Umlenkconfiguration auf einen ersten Aufnahmebereich, in dem mindestens ein erstes Material aufgenommen sein kann, so dass ein Teil des mindestens einen ersten Materials verdampft werden kann; das Umlenken eines zweiten Elektronenstrahls mittels einer zweiten magnetischen Umlenkconfiguration auf einen zweiten Aufnahmebereich, in dem mindestens ein zweites Material aufgenommen sein kann, so dass ein Teil des mindestens einen zweiten Materials verdampft werden kann; das Abscheiden des mindestens einen ersten Materials und des mindestens einen zweiten Materials auf dem Substrat; wobei die erste magnetische Umlenkconfiguration und die zweite magnetische Umlenkconfiguration miteinander magnetisch gekoppelt sein können.

[0037] Ferner kann das Verfahren zum Abscheiden einer Schicht auf einem Substrat das Transportieren des Substrats durch einen Beschichtungsbereich einer Vakuumkammer hindurch aufweisen.

[0038] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Beschichtungsanlage eine Inline-Anlage sein. Ferner kann die Beschichtungsanlage eine Transportvorrichtung zum Transport eines bandförmigen Substrats aufweisen.

[0039] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Substrat durch den Beschichtungsbereich gleichförmig oder gleichförmig geradlinig bewegt werden.

[0040] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann während des Verfahrens zum Abscheiden einer Schicht auf einem Substrat das mindestens eine erste Material und das mindestens eine zweite Material mit einem Material-Gradienten auf dem Substrat abgeschieden werden.

[0041] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Material des mindestens einen ersten Materials und des mindestens einen zweiten Materials Aluminium aufweisen und ein anderes Material des mindestens einen ersten Materials und des mindestens einen zweiten Materials kann Silizium aufweisen.

[0042] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können ein erstes Material und ein zweites Material mit einem Material-Gradienten auf einem Substrat abgeschieden werden.

[0043] Ferner können das erste Material und das zweite Material auf dem Substrat abgeschieden wer-

den, wobei das abgeschiedene Material auf dem Substrat eine räumlich inhomogene Verteilung des ersten Material und des zweiten Materials aufweisen kann.

[0044] Ferner können das erste Material und das zweite Material auf dem Substrat abgeschieden werden, wobei das abgeschiedene Material auf dem Substrat eine Gradientenschicht bilden kann.

[0045] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können das erste Material und das zweite Material derart auf dem Substrat abgeschieden werden, dass sich auf dem Substrat eine Schicht bildet, wobei die Schicht einen Material-Gradienten aufweisen kann.

[0046] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren zum Elektronenstrahl-Verdampfen ferner das Erzeugen des ersten Elektronenstrahls mittels einer ersten Elektronenstrahlquelle und das Erzeugen des zweiten Elektronenstrahls mittels einer zweiten Elektronenstrahlquelle aufweisen.

[0047] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Verfahren zum Elektronenstrahl-Verdampfen ferner das Nutzen oder das Aktivieren einer Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung aufweisen, welche hierin beschrieben ist.

[0048] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Abscheiden des mindestens einen ersten Materials und des mindestens einen zweiten Materials auf einem Bandsubstrat oder einem Endlossubstrat erfolgen.

[0049] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung bereitgestellt sein, so dass mittels eines magnetischen Umlenkfeldes zwei Elektronenstrahlen, welche von zwei Elektronenkanonen erzeugt werden, auf zwei verschiedenen Tiegeln eine oder mehrere Dampfquellen erzeugen. In dieser Konfiguration können beispielsweise eine Legierungsverdampfung und/oder eine Dotierungsverdampfung als Gradienten-Verdampfung durchgeführt werden. Dabei kann beispielsweise ein geringer Bedampfungsabstand und somit ein hoher Dampfausnutzungsgrad realisiert sein. Ferner können beispielsweise eine große Beschichtungsbreite, eine hohe Schichtdickenhomogenität und/oder eine hohe Konzentrationshomogenität realisiert sein.

[0050] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Verdampfung der Einzelkomponenten aus ihren jeweiligen Verdampfungstiegeln durch den Einsatz zweier unabhängiger Elektronenstrahlleinrichtungen (z. B. jeweils aufweisend eine Elektronenstrahlquelle, ein Ablensystem und/oder eine Umlenkconfiguration) erfolgen, so dass beispielsweise durch ein voneinander unabhängiges Steuern

und/oder Regeln der Elektronenstrahleinrichtungen die Verdampfungsprozessparameter an einen gewünschten Kombinationsprozess auf einfache Weise angepasst werden können.

[0051] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung in einer Beschichtungsanlage für ebene Substrate abgeordnet sein, z. B. zum Beschichten einer Wafer-Rückseitenmetallisierung, oder beispielsweise zum Beschichten einer Wafer-Rückseite mit einer Al/Si Legierung als Material-Gradientenschicht.

[0052] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Verfahren zum Elektronenstrahl-Verdampfen für das Beschichten ebener Substrate genutzt werden, z. B. zum Herstellen einer Wafer-Rückseitenmetallisierung, oder beispielsweise zum Beschichten einer Wafer-Rückseite mit einer Al/Si Legierung als Material-Gradientenschicht.

[0053] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Figuren dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert.

[0054] Es zeigen

[0055] Fig. 1A eine schematische perspektivische Ansicht einer Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung, gemäß verschiedenen Ausführungsformen;

[0056] Fig. 1B bis Fig. 1F jeweils eine schematische Querschnittsansicht einer Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung, gemäß verschiedenen Ausführungsformen;

[0057] Fig. 2A eine schematische Draufsicht einer Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung, gemäß verschiedenen Ausführungsformen;

[0058] Fig. 2B eine schematische Querschnittsansicht einer Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung, gemäß verschiedenen Ausführungsformen;

[0059] Fig. 3A und Fig. 3B jeweils eine beispielhafte Anordnung von Dampfquellen auf der Oberfläche des Verdampfungsguts, gemäß verschiedenen Ausführungsformen; und

[0060] Fig. 4 ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Elektronenstrahl-Verdampfen, gemäß verschiedenen Ausführungsformen.

[0061] In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigefügten Zeichnungen Bezug genommen, die Teil dieser bilden und in denen zur Veranschaulichung spezifische Ausführungsformen gezeigt sind, in denen die Erfindung ausgeübt werden kann. In dieser Hinsicht wird Richtungsterminologie wie etwa „oben“, „unten“, „vorne“, „hinten“,

„vorderes“, „hinteres“, usw. mit Bezug auf die Orientierung der beschriebenen Figur(en) verwendet. Da Komponenten von Ausführungsformen in einer Anzahl verschiedener Orientierungen positioniert werden können, dient die Richtungsterminologie zur Veranschaulichung und ist auf keinerlei Weise einschränkend. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen benutzt und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Es versteht sich, dass die Merkmale der hierin beschriebenen verschiedenen beispielhaften Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch anders angegeben. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht in einschränkendem Sinne aufzufassen, und der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.

[0062] Im Rahmen dieser Beschreibung werden die Begriffe „verbunden“, „angeschlossen“ sowie „gekoppelt“ verwendet zum Beschreiben sowohl einer direkten als auch einer indirekten Verbindung, eines direkten oder indirekten Anschlusses sowie einer direkten oder indirekten Kopplung. In den Figuren werden identische oder ähnliche Elemente mit identischen Bezugszeichen versehen, soweit dies zweckmäßig ist.

[0063] Fig. 1A zeigt schematisch eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100**, gemäß verschiedenen Ausführungsformen, wobei die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** Folgendes aufweisen kann: eine erste Elektronenstrahlquelle **102a**, eingerichtet zum Bereitstellen eines ersten Elektronenstrahls; eine zweite Elektronenstrahlquelle **102b**, eingerichtet zum Bereitstellen eines zweiten Elektronenstrahls; einen ersten Aufnahmebereich **106a** zum Aufnehmen eines ersten Materials; einen zweiten Aufnahmebereich **106b** zum Aufnehmen eines zweiten Materials; eine erste Umlenkconfiguration **104a**, eingerichtet zum Umlenken des ersten Elektronenstrahls auf den ersten Aufnahmebereich **106a**; eine zweite Umlenkconfiguration **104b**, eingerichtet zum Umlenken des zweiten Elektronenstrahls auf den zweiten Aufnahmebereich **106b**.

[0064] Die Umlenkconfiguration kann beispielsweise auch als eine Umlenkstruktur oder als ein Umlenkssystem bezeichnet und/oder verstanden werden.

[0065] Ferner können die erste Umlenkconfiguration **104a** und die zweite Umlenkconfiguration **104b** miteinander magnetisch gekoppelt sein, wie in Fig. 2A detaillierter dargestellt ist. Eine solche magnetische Kopplung kann beispielsweise mittels eines Eisenkerns oder eines Eisenjochs realisiert sein, oder beispielsweise mittels eines anderen ferromagnetischen Materials.

[0066] Wie in **Fig. 1A** dargestellt ist, kann der erste Aufnahmebereich **106a** entsprechend der ersten Elektronenstrahlquelle **102a** zugeordnet sein, beispielsweise indem der Elektronenstrahl der ersten Elektronenstrahlquelle **102a** mittels der ersten Umlenkconfiguration **104a** in den ersten Aufnahmebereich **106a** umgelenkt wird. Entsprechend kann der zweite Aufnahmebereich **106b** der zweiten Elektronenstrahlquelle **102b** zugeordnet sein, beispielsweise indem der Elektronenstrahl der zweiten Elektronenstrahlquelle **102b** mittels der zweiten Umlenkconfiguration **104b** in den zweiten Aufnahmebereich **106b** umgelenkt wird.

[0067] Der Elektronenstrahl, der beispielsweise mittels der Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b** erzeugt wird, kann sich in Richtung des Aufnahmebereichs **106a**, **106b** ausbreiten. Ferner kann der Elektronenstrahl mittels eines Magnetfelds umgelenkt werden, wobei das Magnetfeld entsprechend von der ersten Umlenkconfiguration **104a** und von der zweiten Umlenkconfiguration **104b** erzeugt werden kann. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste Umlenkconfiguration **104a** und die zweite Umlenkconfiguration **104b** jeweils zwei Umlenkconfigurationselemente aufweisen, wie in **Fig. 1A** veranschaulicht ist, wobei die zwei Umlenkconfigurationselemente jeweils auf gegenüberliegenden Seiten des entsprechenden Aufnahmebereichs **106a**, **106b** angeordnet sein können. Beispielsweise können somit ein erstes Magnetfeld oberhalb oder in der Nähe des ersten Aufnahmebereichs **106a** und ein zweites Magnetfeld oberhalb oder in der Nähe des zweiten Aufnahmebereichs **106b** erzeugt werden. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** aus Permanentmagneten oder Spulen aufgebaut sein oder Permanentmagneten oder Spulen aufweisen, so dass ein statisches oder dynamisches Magnetfeld erzeugt werden kann. Ferner können die beschriebenen Umlenkconfigurationselemente jeweils einen Magneten oder eine Spule aufweisen. Des Weiteren können die beschriebenen Umlenkconfigurationselemente und/oder die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** mittels eines magnetischen Leiters verbunden sein.

[0068] In einer möglichen geometrischen Konfiguration, kann der erste Aufnahmebereich **106a** näher an der ersten Elektronenstrahlquelle **102a** angeordnet sein als der zweite Aufnahmebereich **106b** und analog kann der zweite Aufnahmebereich **106b** näher an der zweiten Elektronenstrahlquelle **102b** angeordnet ist als der erste Aufnahmebereich **106a**. Mit anderen Worten können die Aufnahmebereiche **106a**, **106b** zwischen den Elektronenstrahlquellen **102a**, **102b** angeordnet sein. Ferner können die Aufnahmebereiche **106a**, **106b** nebeneinander angeordnet sein.

[0069] Andere mögliche Konfigurationen, ähnlich zu der in **Fig. 1A** dargestellten Elektronenstrahl-Ver-

dampfungsanordnung **100**, können beispielsweise mehr als zwei Elektronenstrahlquellen aufweisen und/oder beispielsweise mehr als zwei Aufnahmebereiche. Ferner kann die Anordnung der Elektronenstrahlquellen **102a**, **102b** von der dargestellten Anordnung abweichen, beispielsweise können die Elektronenstrahlquellen **102a**, **102b** nicht notwendigerweise direkt gegenüberliegend angeordnet sein, wie hierin beschrieben wird, sondern beispielsweise eine Abweichung von der dargestellten Konfiguration aufweisen. Diesbezüglich kann die Umlenkconfiguration **104a**, **104b** entsprechend eingerichtet sein, den jeweiligen einfallenden Elektronenstrahl, aus einer entsprechenden Richtung, in denen zugehörigen Aufnahmebereich umzulenken.

[0070] **Fig. 1B** zeigt eine Querschnittsansicht, oder eine Seitenansicht, eines Teils der der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100**. Die Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b** kann beispielsweise oberhalb des Aufnahmebereichs **106a**, **106b** angeordnet sein (wie mittels des Abstands **105a** entlang der Richtung **105** veranschaulicht ist), so dass der Elektronenstrahl **112a**, **112b**, welcher von der Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b** erzeugt wird, im Wesentlichen derart umgelenkt wird, dass Elektronenstrahl **112a**, **112b** den jeweiligen Aufnahmebereich **106a**, **106b** erreicht. Je nach Orientierung des Magnetfeldes kann der Elektronenstrahl theoretisch nach oben oder nach unten umgelenkt werden (beispielsweise kann die Ablenkung des Elektronenstrahls parallel zur Richtung **105** erfolgen), wobei die Richtungsänderung aufgrund der wirkenden Lorentzkraft erfolgen kann. Somit können beispielsweise folgende Eigenschaften die entsprechende Konfiguration der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** beeinflussen: die Geschwindigkeit der Elektronen (somit beispielsweise die genutzte Beschleunigungsspannung für die Elektronen in der Elektronenquelle), die Stärke und die räumliche Verteilung des Magnetfeldes, der Winkel unter dem der Elektronenstrahl in das entsprechende Magnetfeld eintritt, und die relative räumliche Anordnung der Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b**, der Umlenkconfiguration **104a**, **104b** und des Aufnahmebereichs **106a**, **106b** zueinander, wobei die Maßgabe darin bestehen kann, den Elektronenstrahl **112a**, **112b** in gewünschter Weise in den Aufnahmebereich **106a**, **106b** zu lenken.

[0071] Wie in **Fig. 1C** in einer schematischen Querschnittsansicht dargestellt ist, kann der von der ersten Elektronenquelle **102a** erzeugte erste Elektronenstrahl **112a** mittels des ersten Magnetfelds **110a**, erzeugt mittels der ersten Umlenkconfiguration **104a**, auf einen ersten Behälter **108a** gelenkt sein oder gelenkt werden. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der erste Behälter **108a** innerhalb des ersten Aufnahmebereichs **106a** angeordnet sein. Der erste Behälter **108a** kann beispielsweise ein Verdampfungstiegel **108a** sein, welcher ein erstes Ver-

dampfungsgut, oder ein erstes zu verdampfendes Material, aufnehmen oder beinhalten kann. In analoger Weise kann der zweite Elektronenstrahl **112b**, erzeugt von der zweiten Elektronenquelle **102b**, mittels des zweiten Magnetfelds **110b**, erzeugt mittels der zweiten Umlenkconfiguration **104b**, auf einen zweiten Behälter **108b** gelenkt sein oder gelenkt werden. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der zweite Behälter **108b** in dem zweiten Aufnahmebereich **106b** angeordnet sein. Der zweite Behälter **108b** kann beispielsweise ein Verdampfungstiegel sein, welcher ein zweites Verdampfungsgut, oder ein zweites zu verdampfendes Material, aufnehmen kann.

[0072] Der Behälter **108a**, **108b** kann beispielsweise auch ein Target für das Elektronenstrahlverdampfen sein oder ein Target für das Elektronenstrahlverdampfen aufweisen.

[0073] Wie in **Fig. 1C** entsprechend der gängigen physikalischen Notation gezeigt ist, kann das erste Magnetfeld **110a** in die Zeichenebene hinein und analog das zweite Magnetfeld **110b** aus der Zeichenebene heraus zeigen. Dabei kann die Richtung der jeweiligen Magnetfelder **110a**, **110b** entsprechend eingerichtet sein, so dass die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** in gewünschter Weise abgelenkt werden.

[0074] Wie in **Fig. 1D** dargestellt ist, können die Behälter **108a**, **108b** derart angeordnet sein, dass diese eine unterschiedliche Höhenposition aufweisen. Beispielsweise können die Behälter **108a**, **108b** einen unterschiedlichen Abstand von der entsprechenden Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b** aufweisen, gemessen entlang der Richtung **105**. Eine derartige Konfiguration kann beispielsweise verwendet werden, wenn der jeweilige Abstand der Behälter **108a**, **108b** von einem zu beschichtenden Substrat variiert werden soll oder variabel eingerichtet sein soll, siehe auch **Fig. 1E**.

[0075] In der Konfiguration, wie sie in **Fig. 1D** dargestellt ist, können die entsprechenden Magnetfelder **110a**, **110b** derart eingerichtet sein, dass beispielsweise der erste Elektronenstrahl **112a** entsprechend in einer günstigen Weise auf den ersten Behälter **108a** gelenkt ist oder gelenkt wird, und dass der zweite Elektronenstrahl **112b** entsprechend in einer günstigen Weise auf den zweiten Behälter **108b** gelenkt ist oder gelenkt wird.

[0076] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Magnetfelder **110a**, **110b** entsprechend unabhängig voneinander eingestellt, konfiguriert, gesteuert, geregelt oder optimiert werden. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Magnetfelder **110a**, **110b** entsprechend unabhängig voneinander mittels der Spulen der Umlenkconfiguration **104a**, **104b** unabhängig voneinander eingestellt, kon-

figuriert, gesteuert, geregelt oder optimiert werden. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Magnetfelder **110a**, **110b** entsprechend unabhängig voneinander konfiguriert oder eingestellt sein.

[0077] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Behälter **108a**, **108b** beweglich (**101a**, **103a**, **105a**) innerhalb der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** angebracht sein, so dass beispielsweise die Position der Behälter **108a**, **108b** angepasst werden kann. Das Positionieren der Behälter **108a**, **108b** kann beispielsweise mittels Motoren oder Schrittmotoren erfolgen, welche die Behälter **108a**, **108b** mittels eines geeigneten Positioniersystems in eine gewünschte Position bringen können. Aufgrund dessen, dass die Behälter beispielsweise unabhängig voneinander positioniert werden können oder positioniert sein können, kann es erforderlich sein, dass die entsprechenden Magnetfelder **110a**, **110b** mittels der jeweiligen Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** ebenfalls unabhängig voneinander konfiguriert werden können oder unabhängig voneinander eingerichtet sein können.

[0078] Das Positionieren **101a**, **103a**, **105a** der Behälter **108a**, **108b** entsprechend den Richtungen **101**, **103**, **105** kann beispielsweise statisch erfolgen, so dass die Behälter **108a**, **108b** innerhalb der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** eine feste aber wohldefinierte Position aufweisen können, wobei das entsprechende Magnetfeld **110a**, **110b** ebenfalls statisch eingerichtet sein kann.

[0079] Das Positionieren **101a**, **103a**, **105a** der Behälter **108a**, **108b** entsprechend den Richtungen **101**, **103**, **105** kann beispielsweise dynamisch erfolgen, so dass die Behälter **108a**, **108b** innerhalb der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** ihre jeweilige Position verändern können, wobei das entsprechende Magnetfeld **110a**, **110b** ebenfalls dynamisch konfiguriert (gesteuert, geregelt) sein kann, so dass das Magnetfeld **110a**, **110b** an die jeweilige Position **101a**, **103a**, **105a** der Behälter **108a**, **108b** angepasst werden kann.

[0080] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann somit das Magnetfeld **110a**, **110b** an die jeweilige Position der jeweiligen Behälter **108a**, **108b** angepasst sein.

[0081] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Anpassen des Magnetfelds **110a**, **110b** mittels der Spulen der Umlenkconfiguration **104a**, **104b** erfolgen, wobei die Stärke des Magnetfeldes dadurch beeinflusst werden kann, wie viel Strom durch die jeweiligen Spulen der Umlenkconfiguration **104a**, **104b** fließt. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** beispielsweise mehrere Spulen aufweisen, wobei jede dieser Spulen unabhängig geregelt oder gesteuert

werden kann oder entsprechend dem gewünschten zu erzeugenden Magnetfeld **110a**, **110b** eingerichtet sein kann.

[0082] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** derart eingerichtet sein, dass der Elektronenstrahl senkrecht auf ein Targetmaterial auftrifft, so dass das Targetmaterial mittels des Elektronenstrahls verdampft werden kann.

[0083] Wie in **Fig. 1E** dargestellt ist, kann der Behälter **108a** (gleiches gilt analog für den Behälter **108b**) ein erstes Targetmaterial **118a** aufweisen oder beinhalten. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Behälter **108a** ein Verdampfungstiegel **108a** sein, beispielsweise gekühlt oder ungekühlt, und das Targetmaterial **118a** kann ein zu verdampfendes Material sein oder ein zu verdampfendes Material aufweisen. Bei dem Verdampfen des Materials **118a** mittels des Elektronenstrahls **112a** kann das Verdampfen aufgrund des Energieeintrags des Elektronenstrahls **112a** in das zu verdampfende Material **118a** erfolgen. Der Energieeintrags des Elektronenstrahls **112a** kann beispielsweise maximal sein, wenn der Elektronenstrahl **112a** senkrecht (wobei der Winkel **107** in einem Winkelbereich von ungefähr 90° liegen kann) auf die Oberfläche **107a** des zu verdampfenden Materials **118a** trifft. Um einen optimalen Wirkungsgrad für das Elektronenstrahl-Verdampfen zu erreichen, also beispielsweise den Winkel **107** senkrecht zur Oberfläche **107a** des zu verdampfenden Materials **118a** einzurichten, können sowohl das Magnetfeld **110a** als auch die Geometrie der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** entsprechend angepasst werden oder eingestellt sein.

[0084] Ferner, wie in **Fig. 1E** dargestellt ist, kann sich das verdampfte Material **120a** senkrecht zur Oberfläche **107a** des zu verdampfenden Materials **118a** (also senkrecht zur Targetoberfläche **107a** ausbreiten). Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann sich das verdampfte Material **120a** entlang der Richtung **105** ausbreiten, wobei sich das verdampfte Material **120a** auf einem Substrat abscheiden kann, welches in einem Bereich **122a** angeordnet sein kann, so dass das verdampfte Material **120a** auf das Substrat auftreffen kann, während sich das verdampfte Material **120a** beispielsweise im Wesentlichen entlang der Richtung **105** ausbreitet. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das verdampfte Material **120a** einen Abscheidebereich **122a** und/oder einen Dampfausbreitungsreich **120a** definieren.

[0085] Analog zur schematischen Darstellung in **Fig. 1E** kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** derart eingerichtet sein, dass der jeweilige Elektronenstrahl **112a**, **112b** auf die Oberfläche **107a**, **107b** des zu verdampfenden Materials **118a**,

118b trifft, wobei der Winkel **107** zwischen der Oberfläche **107a**, **107b** des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** und dem jeweils einfallenden Elektronenstrahl **112a**, **112b** im Wesentlichen rechtwinklig ist, wie in **Fig. 1F** dargestellt ist. Da die Elektronenstrahlen **112a**, **112b**, welche auf die jeweiligen Oberflächen **107a**, **107b** der zu verdampfenden Materialien **118a**, **118b** auftreffen, unabhängig voneinander konfiguriert werden können, wie hierin beschrieben ist, kann die Effizienz des Elektronenstrahl-Verdampfens für beide zu verdampfende Materialien **118a**, **118b** gleichzeitig optimal sein oder gleichzeitig optimiert werden. Ferner kann auch die Leistung, somit der entsprechende Eintrag an thermischer Energie in das Targetmaterial **118a**, **118b**, für beide Elektronenstrahlquellen **102a**, **102b** unabhängig voneinander gewählt werden, so dass die Prozessbedingungen für das Verdampfen des jeweiligen Targetmaterials **118a**, **118b** gleichzeitig optimal sein können oder optimiert werden können. Beispielsweise können die verschiedenen zu verdampfenden Materialien **118a**, **118b** in den Behältern **108a**, **108b** verschiedene Verdampfungsenergien aufweisen und somit kann es beispielsweise erforderlich sein, dass die Leistung des jeweiligen Elektronenstrahls **102a**, **102b**, welcher das entsprechende Targetmaterial **118a**, **118b** verdampft, angepasst werden soll.

[0086] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Blende **114** zwischen den zwei Bereichen **114a**, **114b** angeordnet sein. Ferner kann die Blende **114** beispielsweise das Abscheiden des verdampften Targetmaterials **120a**, **120b** beeinflussen. Die Blende **114** kann beispielsweise das Ausbreiten des jeweiligen verdampften Materials **120a**, **120b** auf einen bestimmten Bereich des Substrates beschränken. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Position, die Form und die Größe der Blende angepasst sein oder angepasst werden, so dass das Abscheiden von Schichten mit einem Material-Gradienten auf einem Substrat ermöglicht oder verbessert wird.

[0087] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Verwenden einer Blende **114** den Zugang zu dem Targetmaterial einschränken, so dass es nötig sein kann, das erste Targetmaterial **118a** in dem ersten Bereich **114a** mit der ersten Elektronenstrahlquelle **102a** zu verdampfen, und das zweite Targetmaterial **118b** in dem zweiten Bereich **114b** entsprechend mit der zweiten Elektronenstrahlquelle **102b** zu verdampfen.

[0088] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der erste Bereich **114a** symmetrisch zu dem zweiten Bereich **114b** aufgebaut sein.

[0089] Ferner können die Magnetfelder **110a**, **110b** entgegengesetzt zueinander gerichtet sein.

[0090] Die **Fig. 2A** und **Fig. 2B** zeigen eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100**, gemäß verschiedenen Ausführungsformen, in einer detaillierten schematischen Ansicht, als Draufsicht in **Fig. 2A** und als Seitenansicht oder Querschnittsansicht in **Fig. 2B**.

[0091] In **Fig. 2A** ist analog zur vorangehenden Beschreibung eine Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** dargestellt, wobei die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** Folgendes aufweisen kann: eine erste Elektronenstrahlquelle **102a** und eine zweite Elektronenstrahlquelle **102b**, wobei die Elektronenstrahlquellen **102a**, **102b** jeweils ein Ablenssystem **202a**, **202b** aufweisen können; einen ersten Behälter **108a**, welcher ein erstes zu verdampfendes Material **118a** aufweisen kann, und einen zweiten Behälter **108b**, welcher ein zweites zu verdampfendes Material **118b** aufweisen kann; einen ersten Elektronenstrahl **112a**, welcher mittels der ersten Elektronenstrahlquelle **102a** erzeugt werden kann und mittels des ersten Ablenssystems **202a** in Richtung des ersten zu verdampfenden Materials **118a** abgelenkt werden kann, und einen zweiten Elektronenstrahl **112b**, welcher mittels der zweiten Elektronenstrahlquelle **102b** erzeugt werden kann und mittels des zweiten Ablenssystems **202b** in Richtung des zweiten zu verdampfenden Materials **118b** abgelenkt werden kann; eine erste Umlenkconfiguration **104a**, welche zumindest einen ersten Magnetfeldbereich erzeugen kann, so dass der erste Elektronenstrahl **112a** aufgrund des ersten Magnetfeldbereichs auf die Oberfläche des ersten zu verdampfenden Materials **118a** umgelenkt wird, und eine zweite Umlenkconfiguration **104b**, welche zumindest einen zweiten Magnetfeldbereich erzeugen kann, so dass der zweite Elektronenstrahl **112b** aufgrund des zweiten Magnetfeldbereichs auf die Oberfläche des zweiten zu verdampfenden Materials **118b** umgelenkt wird, wobei die erste Umlenkconfiguration **104a** und die zweite Umlenkconfiguration **104b** auf jeweils einer Seite mittels eines magnetischen Leiters **206** magnetisch gekoppelt sein können.

[0092] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Ablenssystem **202a**, **202b** ein elektrisches Ablenssystem sein, beispielsweise basierend auf elektrisch geladenen Platten, so dass der Elektronenstrahl mittels elektrostatischer Kräfte abgelenkt werden kann.

[0093] Gemäß anderen Ausführungsformen kann das Ablenssystem **202a**, **202b** ein magnetisches Ablenssystem sein, beispielsweise basierend auf magnetischen Feldern, so dass der Elektronenstrahl mittels elektromagnetischer Kräfte abgelenkt werden kann.

[0094] Ferner kann das Ablenssystem **202a**, **202b** auch ein elektromagnetisches Ablenssystem sein

oder eine elektromagnetische Ablenkvorrichtung aufweisen.

[0095] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Umlenkconfiguration **104a**, **104b**, wie in **Fig. 2A** dargestellt ist, zumindest vier Spulen aufweisen, so dass oberhalb der Oberfläche des zu verdampfenden Materials ein erster und zweiter Magnetfeldbereich erzeugt werden kann. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** mit einem Steuersystem oder Regelsystem verbunden sein, so dass das entsprechend erzeugte Magnetfeld an die Configuration der Bauelemente in der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** angepasst werden kann. Ferner können die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** in ihrer räumlichen Anordnung an die Positionen der Behälter **108a**, **108b** angepasst sein, oder die Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** können ein Positioniersystem aufweisen (nicht dargestellt), so dass die räumliche Anordnung der Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** an die Positionen der Behälter **108a**, **108b** angepasst werden kann. Diesbezüglich können die Positionen derart eingerichtet sein, dass der relative Abstand zwischen dem jeweiligen Behälter **108a**, **108b** und der zugehörigen Umlenkconfiguration **104a**, **104b** gleich sein kann. Mit anderen Worten kann beispielsweise ein Höhenunterschied der Targets **118a**, **118b** bei der Positionierung der Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** berücksichtigt sein oder berücksichtigt werden.

[0096] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann mittels der Stärke der von der Umlenkconfiguration **104a**, **104b** erzeugten Magnetfelder die Auftreffpunkt des Elektronenstrahls **112a**, **112b** auf der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** verändert, eingestellt oder angepasst werden. Beispielsweise kann dabei der Auftreffpunkt des Elektronenstrahls **112a**, **112b** auf der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** parallel zu der Richtung **101** verschoben werden.

[0097] Ferner kann der Auftreffpunkt des Elektronenstrahls **112a**, **112b** auf der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** mittels des Ablenssystems **202a**, **202b** verändert, eingestellt oder angepasst werden. Beispielsweise kann dabei der Auftreffpunkt des Elektronenstrahls **112a**, **112b** auf der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** parallel zu der Richtung **101** und/oder parallel zur Richtung **103** verschoben werden.

[0098] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Ablenssystem **202a**, **202b** den Elektronenstrahl **112a**, **112b** in einem bestimmten Muster über die Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** führen. Ferner kann die Ablenkung zeitlich schnell variieren, so dass beispielsweise der Elektronenstrahl **112a**, **112b** verschiedene Be-

reiche der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** erwärmt und dabei Material in diesem Bereichen verdampft. Mit anderen Worten kann der Elektronenstrahl **112a**, **112b** mittels des Ablenssystems **202a**, **202b** in gewünschten Bereichen auf der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** eine Dampfquelle oder mehrere Dampfquellen erzeugen. Dabei kann die Anzahl und/oder die jeweilige Form der Dampfquellen an den jeweiligen Beschichtungsprozess angepasst werden oder angepasst sein. Beispielsweise können entlang der Richtung **103** auf jeweils der Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** eine Vielzahl von Dampfquellen erzeugt werden, so dass beispielsweise eine homogene Beschichtung eines Substrats über die gesamte Breite ermöglicht wird (die Breite des Substrats erstreckt sich beispielsweise in Richtung **103**, wobei das Substrat über den Behältern **108a**, **108b** entlang geführt werden kann, wie in Fig. 2B veranschaulicht ist).

[0099] In diesem Zusammenhang, wie hierin beschrieben, kann beispielsweise die Umlenkconfiguration **104a**, **104b** dazu dienen, den Elektronenstrahl **212a**, **212b** derart umzulenken, dass der Elektronenstrahl **212a**, **212b** jeweils in einem günstigen Winkel **107** auf die Oberfläche des zu verdampfenden Materials **118a**, **118b** auftrifft, z. B. mit einem Winkel in einem Bereich von ungefähr 90° bis ungefähr 55°, z. B. in einem Bereich von ungefähr 90° bis ungefähr 70°, z. B. in einem Bereich von ungefähr 90° bis ungefähr 85°, z. B. in einem Bereich von ungefähr 90°. Dabei kann aufgrund der Wechselwirkung des Elektronenstrahls mit dem zu verdampfenden Material **118a**, **118b** ein Winkel von ungefähr 90° für den Beschichtungsprozess oder für das Verdampfen des Targetmaterials **118a**, **118b** am effizientesten sein. Wie bereits beschrieben wurde, können dabei der erste Elektronenstrahl **112a** und der zweite Elektronenstrahl **112b** unabhängig voneinander eingestellt, eingerichtet, angepasst und/oder optimiert sein (oder werden).

[0100] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** derart eingerichtet sein, dass der erste Elektronenstrahl **112a** nicht auf das zweite zu verdampfende Material **118b** gelenkt wird und dass der zweite Elektronenstrahl **112b** nicht auf das erste zu verdampfende Material **118a** gelenkt wird. Somit kann beispielsweise ein effizienteres und unabhängiges Erzeugen der Dampfquellen auf der jeweiligen Oberfläche der zu verdampfenden Materialien ermöglicht werden.

[0101] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** derart eingerichtet sein, dass die Behälter in einer unterschiedlichen Höhe angebracht sind oder sich in einer unterschiedlichen Höhe befinden, wobei die jeweiligen Elektronenstrahlen **112a**, **112b** die

entsprechend zu verdampfenden Materialien **118a**, **118b** in den Behältern **108a**, **108b** optimal verdampfen können.

[0102] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste Umlenkconfiguration **104a** und die zweite Umlenkconfiguration **104b** mittels einer Jochs, beispielsweise mittels eines Eisenjochs, magnetisch gekoppelt sein.

[0103] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Positionen der Behälter **108a**, **108b** in einem Bereich von ungefähr einigen Millimetern bis ungefähr 1 m verändert werden, beispielsweise mittels eines Positioniersystems.

[0104] Wie in Fig. 2B dargestellt ist, können aufgrund der Umlenkconfigurationen **104a**, **104b** die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** seitlich angeordnet sein, so dass der Abstand zwischen dem Verdampfungsgut **118a**, **118b** und einem Substrat **220** verringert sein kann oder gering genug gewählt werden kann. Somit kann beispielsweise die Ausbeute des Verdampfungsprozesses (das Verhältnis von verdampftem Material zu auf dem Substrat abgeschiedenen oder abgelagertem Material) erhöht werden.

[0105] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** innerhalb einer Vakuumprozesskammer angeordnet sein oder innerhalb einer Vakuumprozesskammer zum Einsatz kommen (nicht dargestellt).

[0106] Aufgrund der beschriebenen Konfiguration der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** kann diese innerhalb einer Beschichtungsanlage angeordnet sein oder zum Einsatz kommen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann mittels der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** eine Schicht auf einem Substrat **220** abgeschieden werden, wobei die Schicht einen Material-Gradienten aufweisen kann. Ferner kann die Beschichtungsanlage mindestens eine Transportvorrichtung **222** zum Transportieren eines Substrats **220** aufweisen. Beispielsweise kann das Substrat **220** oberhalb der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** mittels der Transportvorrichtung **222** transportiert werden, wobei die zu beschichtende Oberfläche des Substrates **220** in Richtung der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** zeigen kann.

[0107] Ferner kann das Substrat **220** zumindest teilweise oberhalb der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** mittels der Transportvorrichtung **222** transportiert werden, wobei die zu beschichtende Oberfläche des Substrates **220** in Richtung der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** zeigen kann.

[0108] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Behälter **108a**, **108b** entlang der Richtung **101** bewegt werden, beispielsweise oszillierend **224**. Dies kann beispielsweise dazu führen, dass das zu verdampfende Material **118a**, **118b** homogener verdampft werden kann.

[0109] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Anordnung der Bauelemente (Elektronenstrahlquellen, Behälter, Umlenkkonfigurationen) der hierin beschriebenen Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** in einer Vielzahl von Parametern und Positionen variiert werden, wobei im Wesentlichen die beiden Elektronenstrahlen unabhängig voneinander auf die jeweilige Oberfläche des zu verdampfenden Materials gelenkt werden kann, wodurch sich die entsprechend beschriebenen Vorteile oder Effekte ergeben können.

[0110] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Umlenkkonfigurationen **104a**, **104b** ein magnetisches Umlenkkfeld erzeugen, wobei das magnetische Umlenkkfeld einen Nutzfeldebereich aufweisen kann, so dass die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** mittels des Nutzfeldebereichs auf die Oberfläche des jeweiligen Verdampfungsguts **118a**, **118b** gelenkt werden können. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die magnetische Flussdichte in dem Nutzfeldebereich in einem Bereich von ungefähr 0,1 mT bis ungefähr 1 T liegen.

[0111] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** mittels der Umlenkmagnetfelder nach unten in Richtung der Verdampfungstiegel **108a**, **108b** umgelenkt werden.

[0112] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Elektronenstrahl oder können die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** Elektronen aufweisen, die mit einer Beschleunigungsspannung von ungefähr 30 kV bis ungefähr 60 kV beschleunigt worden sind. Die Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b**, auch als Elektronenkanone bezeichnet, kann eine Leistung in einem Bereich von ungefähr 10 kW bis ungefähr 300 kW aufweisen.

[0113] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** eine Länge in einem Bereich von ungefähr wenigen Zentimetern bis ungefähr 2 m aufweisen, z. B. in einem Bereich von ungefähr 1 m bis ungefähr 2 m, z. B. eine Länge in einem Bereich von ungefähr 1, 5 m. Ferner kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** eine Breite von ungefähr 0,1 m bis ungefähr 1 m aufweisen, z. B. in einem Bereich von ungefähr 0,5 m bis ungefähr 1 m, z. B. eine Breite in einem Bereich von ungefähr 70 cm. Ferner kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** eine Tiefe von ungefähr 5 cm bis ungefähr 30 m aufwei-

sen, z. B. eine Tiefe in einem Bereich von ungefähr 15 cm bis ungefähr 20 cm.

[0114] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** (oder der Tiegel oder der Verdampfungstiegel) wassergekühlt sein. Ferner kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** (oder der Tiegel oder der Verdampfungstiegel) Kupfer aufweisen oder aus Kupfer bestehen. Ferner kann der Behälter oder können die Behälter **108a**, **108b** (oder der Tiegel oder der Verdampfungstiegel) Graphit aufweisen oder aus Graphit bestehen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Verdampfungstiegel **108a**, **108b** ein sogenannter kalter Tiegel oder ein sogenannter heißer Tiegel sein.

[0115] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Target oder können die Targets (z. B. die Behälter **108a**, **108b** und das Verdampfungsgut **118a**, **118b**) eine runde Form aufweisen oder beispielsweise eine andere Form, wie eine Polygonform.

[0116] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Elektronenstrahlen **112a**, **112b** mittels des jeweiligen Ablenssystems **202a**, **202b** und/oder mittels der jeweiligen Umlenkkonfiguration **104a**, **104b** gesteuert oder geregelt werden.

[0117] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Verdampfungstiegel **108a**, **108b** in der Höheposition variiert werden, so dass beispielsweise der Abstand **205** zwischen den Verdampfungstiegeln **108a**, **108b** und dem Substrat **220** verändert werden kann (siehe z. B. **Fig. 2B**).

[0118] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** derart eingerichtet sein, dass mittels der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** mindestens eins der folgenden Materialien auf einem geeigneten Substrat abgeschieden werden kann: eine Metalllegierung, eine Cermet-Schicht, eine Al/Si-Legierung (beispielsweise für Rückseitenkontakte einer Solarzelle), eine Gradientenschicht, eine Molybdän-Oxid Gradientenschicht, eine Niob-Oxid Gradientenschicht, Tantalcarbid und Wolframcarbid. Dementsprechend kann das zu verdampfende Material **118a**, **118b** beispielsweise mindestens eins der folgenden Materialien aufweisen oder daraus bestehen: Metalloxid, Aluminiumoxid, Zirconiumoxid (Zirkonoxid), eine metallische Verbindung, ein Metall, Niob, Molybdän, Titan, Kobalt, Zirkon, Chrom, Tantal, Wolfram, Graphit, eine Kohlenstoffverbindung, eine Sauerstoffverbindung und eine Stickstoffverbindung.

[0119] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das erste zu verdampfende Material **118a** ein keramischer Werkstoff oder eine Keramik sein und das zweite zu verdampfende Material **118b** ein me-

tallischer Werkstoff oder ein Metall sein. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das erste zu verdampfende Material **118a** einen keramischen Werkstoff oder eine Keramik aufweisen; und das zweite zu verdampfende Material **118b** kann einen metallischen Werkstoff oder ein Metall aufweisen.

[0120] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann mittels des gleichzeitigen Abscheidens des ersten und zweiten Targetmaterials auf der Substratoberfläche während des Verdampfens eine Schicht gebildet werden, wobei die Schicht einen Materialgradienten aufweisen kann. Mit anderen Worten, die auf dem Substrat gebildete Schicht kann in verschiedenen Schichtbereichen eine unterschiedliche chemische Zusammensetzungen aufweisen. Ferner kann das erste Targetmaterial **118a** in einem ersten Substratbereich abgeschieden werden und das zweite Targetmaterial **118b** in einem zweiten Substratbereich, wobei das Substrat während des Abscheidens parallel zu der Richtung **101** bewegt wird.

[0121] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Joch **206** optional sein und/oder mittels eines anderen magnetischen Leiters ersetzt werden, wobei das Joch **206** aus einem ferromagnetischen Material bestehen kann oder ein ferromagnetisches Material aufweisen kann. Ferner kann die Umlenkkonfiguration **104a**, **104b** ein ferromagnetisches Material aufweisen.

[0122] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Elektronenstrahl **112a**, **112b** mittels des Ablenkensystems **202a**, **202b** punktweise auf das Targetmaterial treffen und somit Dampfquellen, beispielsweise in einem vordefinierten Muster, erzeugen.

[0123] Wie in **Fig. 3A** und **Fig. 3B** dargestellt ist, kann der Elektronenstrahl **112a**, **112b** mittels des Ablenkensystems **202a**, **202b** der Elektronenstrahlquelle **102a**, **102b** (unter Zuhilfenahme der Umlenkkonfiguration) auf die Oberfläche des Targets (des Verdampfungsguts **118a**, **118b**) gelenkt werden. Die somit erzeugten Dampfquellen können eine beliebige Form aufweisen, beispielsweise kann die Dampfquelle linienförmig **302c** sein, rund oder kreisförmig **302a** sein, oval oder länglich **302b** sein, und/oder die Dampfquelle kann in einer beliebigen gewünschten Form **302d** bereitgestellt werden oder bereitgestellt sein.

[0124] **Fig. 4** zeigt ein schematisches Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Elektronenstrahl-Verdampfen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Verfahren zum Abscheiden einer Schicht auf einem Substrat Folgendes aufweisen: in **S410**, das Umlenken eines ersten Elektronenstrahls mittels einer ersten magnetischen Umlenkkonfiguration auf einen ersten Aufnahmebereich, in dem mindestens ein erstes Material aufgenommen sein kann, so dass ein Teil des mindestens einen ers-

ten Materials verdampft werden kann; (beispielsweise gleichzeitig) in **S420**, das Umlenken eines zweiten Elektronenstrahls mittels einer zweiten magnetischen Umlenkkonfiguration auf einen zweiten Aufnahmebereich, in dem mindestens ein zweites Material aufgenommen sein kann, so dass ein Teil des mindestens einen zweiten Materials verdampft werden kann; und in **S430**, das Abscheiden des mindestens einen ersten Materials und des mindestens einen zweiten Materials auf dem Substrat; wobei die erste Umlenkkonfiguration und die zweite Umlenkkonfiguration miteinander magnetisch gekoppelt sein können.

[0125] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können das Umlenken eines ersten Elektronenstrahls und Umlenken eines zweiten Elektronenstrahls das gleichzeitig Umlenken zweier Elektronenstrahlen aus jeweils zwei Elektronenstrahlquellen aufweisen.

[0126] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann in einer Beschichtungsanlage zum Herstellen eines Material-Gradienten der Abstand **205** zwischen dem zu beschichtenden Substrat **220** und der Oberfläche des jeweiligen Verdampfungsguts **108a**, **108b** infolge der hierin beschriebenen Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** gering gewählt werden (vergleiche **Fig. 2B**). Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Abstand **205** in einem Bereich von ungefähr 0,2 m bis ungefähr 2 m liegen, z. B. in einem Bereich von ungefähr 0,4 m bis ungefähr 1,5 m, z. B. in einem Bereich von ungefähr 0,5 m bis ungefähr 1,2 m.

[0127] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Abstand **205** zwischen dem Substrat **220** und den entsprechenden Dampfquellen auf der Oberfläche der Targets **118a**, **118b** das Schichtwachstum auf dem Substrat beeinflussen. Beispielsweise kann ein geringerer Abstand **205** dazu führen, dass die aufwachsende Schicht auf dem Substrat **220** eine höhere Dichte aufweisen kann und/oder eine größere Korngröße. Ferner können sich auch weitere Eigenschaften der auf dem Substrat abgeschiedenen Schicht verändern, wie beispielsweise die chemische Zusammensetzung oder die Oberflächenrauheit.

[0128] Des Weiteren kann ein geringerer Abstand dazu führen, dass sich die Wachstumsgeschwindigkeit der auf dem Substrat abgeschiedenen Schicht vergrößert wird, wodurch beispielsweise auch die Prozesskosten verringert werden können.

[0129] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Bauelemente der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** fest angeordnet sein, beispielsweise können die Behälter **108a**, **108b** und die Umlenkkonfigurationen **104a**, **104b** (oder auch Blenden) statisch angeordnet sein (z. B. an den jeweiligen Beschichtungsprozess angepasst). Gemäß an-

deren Ausführungsformen können die Bauelemente der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** beweglich (z. B. positionierbar) angeordnet sein, beispielsweise können die Behälter **108a**, **108b** und die Umlenkfigurationen **104a**, **104b** (oder auch Blenden) positionierbar angeordnet sein, wobei die Positionen beispielsweise dynamisch während des Beschichtens an den jeweiligen Beschichtungsprozess angepasst werden können.

[0130] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Blende zwischen den beiden Verdampfungstiegeln angeordnet sein, so dass die Abscheidung des verdampften Materials auf dem Substrat beeinflusst werden kann. Ferner kann das Verwenden einer Blende das Bilden einer Gradientenschicht begünstigen, beispielsweise indem das Substrat teilweise mittels der Blende abgeschattet wird, so dass entsprechend der Bereich auf dem Substrat, an dem das jeweilige verdampfte Material auftreten kann, eingeschränkt werden kann.

[0131] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das zu verdampfende Material hierin auch als Verdampfungsgut bezeichnet werden. Ferner kann der Behälter hierin auch als Verdampfungstiegel bezeichnet werden. Die Elektronenstrahlquelle kann beispielsweise eine Elektronenkanone sein, wobei im Allgemeinen beschleunigte Elektronen die Elektronenstrahlquelle als ein Elektronenstrahl verlassen. Ferner kann die Elektronenstrahlquelle mindestens ein Ablenkensystem aufweisen, so dass der Elektronenstrahl die Elektronenstrahlquelle unter einem bestimmten Winkel, entlang einer vordefinierten Richtung, verlassen kann.

[0132] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Magnetfeld, welches jeweils von der Umlenkfiguration erzeugt wird, inhomogen sein, so dass beispielsweise nur ein Teil des erzeugten Magnetfelds (oder ein Bereich des erzeugten Magnetfelds) dazu geeignet sein kann, den Elektronenstrahl umzulenken. Mit anderen Worten kann das jeweilige Magnetfeld einen Nutzfeldbereich aufweisen, wobei lediglich dieser Nutzfeldbereich des Magnetfeldes derart eingerichtet ist, dass der Elektronenstrahl entsprechend umgelenkt wird.

[0133] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Magnetfeld, welches jeweils von der Umlenkfiguration erzeugt wird, mittels einer oder mehrerer Spulen erzeugt werden, wobei das Magnetfeld der Spule mittels eines elektrischen Stroms gesteuert wird oder geregelt wird oder eingerichtet ist. Entsprechend kann mittels der Regelung oder der Steuerung des elektrischen Stroms das gewünschte Magnetfeld erzeugt werden, wobei das Magnetfeld beispielsweise von mindestens einem der folgenden Parametern abhängen kann: von der Stromstärke und der Zeitabhängigkeit des elektrischen Stroms,

welche durch die jeweilige Spule fließt, von der Spulengeometrie, der Anordnung der Spulen relativ zueinander und/oder beispielsweise von der magnetischen Kopplung der Spulen untereinander.

[0134] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen, wie hierin beschrieben wurde, kann eine Elektronenstrahl-Doppeltiegelverdampfungsanordnung mit einer Strahlführung bereitgestellt sein, so dass beispielsweise eine Legierungsverdampfung bzw. Dotierungsverdampfung als Gradienten-Verdampfung vorteilhaft ermöglicht sein kann.

[0135] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann, während eines Elektronenstrahl-Verdampfens oder Elektronenstrahl-Verdampfungsprozesses, das Verdampfen der Einzelkomponenten aus ihren jeweiligen Behältern mittels des Einsatzes mindestens zweier unabhängiger Elektronenstrahleinrichtungen unabhängig voneinander gesteuert oder geregelt werden, so dass das Verdampfen der Einzelkomponenten an den gewünschten Verdampfungsprozess bestmöglich und auf einfache Weise angepasst sein kann.

[0136] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein magnetisches Umlenkensystem aus vier Umlenkspulen bestehen, siehe **Fig. 2A**, so dass eine Elektronenstrahleinschusskonfiguration für zwei gegenüberliegende Elektronenstrahlkanonen ermöglicht wird. Beispielsweise kann das magnetische Umlenkensystem eine vierpolige Magnetfeldanordnung erzeugen, wobei die ersten einander gegenüberliegenden Magnetpole einen ersten Feldbereich erzeugen, der die Umlenkung des ersten Elektronenstrahls auf den ersten Behälter (Tiegel) bewirken kann, und die zweiten einander gegenüberliegenden Magnetpole einen zweiten Feldbereich erzeugen können, der die Umlenkung des zweiten Elektronenstrahls auf den zweiten Behälter (Tiegel) bewirken kann. Um beispielsweise rückwärtige Streufelder zu reduzieren, können die Spulenpole benachbarter Spulen magnetisch mittels eines magnetischen Materials (z. B. mittels eines magnetischen Jochs) miteinander verbunden oder kurzgeschlossen werden, beispielsweise mittels eines Eisenjochs, welches die Spulenkerne verbinden kann.

[0137] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein magnetisches Umlenkensystem **104a**, **104b** aus zwei Umlenkspulen bestehen. Ferner können die entsprechenden Magnetpole auch mittels eines entsprechenden Magnetjochs realisiert sein.

[0138] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Umlenkfigurationen **104a**, **104b** auch als eine gemeinsame Umlenkfiguration bereitgestellt sein. Mit anderen Worten müssen die Umlenkfigurationen **104a**, **104b** nicht einzelne Umlenkfigurationen aufweisen, wie hierin anschaulich

dargestellt sein kann. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann jeweils ein erster Magnetpol der ersten Umlenkconfiguration **104a** und ein zweiter Magnetpol der zweiten Umlenkconfiguration **104** mittels nur einer Spule gebildet sein, wobei die eine Spule an ein magnetisches Material gekoppelt sein kann, so dass das magnetische Material (z. B. ein Eisenjoch) die jeweiligen Magnetpole bereitstellen kann.

[0139] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Behälter **108a**, **108b** auch miteinander gekoppelt sein. Mit anderen Worten können mehrere Tiegel als ein Tiegelsystem bereitgestellt werden.

[0140] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung derart bereitgestellt werden, dass eine translatorisch langsame alternierende Bewegung **224** des Tiegelsystems in Substrattransportrichtung ermöglicht ist, so dass ein größerer Oberflächenbereich des zu verdampfenden Materials für die Elektronenstrahl-Verdampfung genutzt werden kann, wie in **Fig. 2B** veranschaulicht ist.

[0141] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Tiegelbereiche der verschiedenen Materialkomponenten mittels einer Blendenanordnung **114** vor gegenseitiger Kontamination geschützt sein. Beispielsweise kann die Blendenanordnung **114** der Beeinflussung des Gradienten-Verlaufs in der abgedehnten Schicht dienen. Ferner kann die Blendenanordnung höhenverstellbar (entlang der Richtung **105**) und/oder positionsverstellbar (entlang der Richtung **101** und/oder der Richtung **103**) sein. Mit anderen Worten können die Abstände zwischen der Blendenanordnung und dem jeweiligen Behälter (oder Verdampfungstiegel) einstellbar sein. Ferner können die Abstände zwischen der Blendenanordnung **114** und den jeweiligen Dampfquellen auf der Oberfläche der zu verdampfenden Materialien einstellbar sein.

[0142] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Behälter der jeweiligen Stoffkomponente aus zwei oder mehreren Teilbehältern bestehen oder zwei oder mehrere Teilbehälter aufweisen. In dieser Modifikation kann der Elektronenstrahl im Springstrahlverfahren, z. B. mittels schneller Ablenkung des Elektronenstrahls in jeden der Teiltiegel, an die Beschichtung angepasste Verdampfungsquellen erzeugen.

[0143] Ferner können bei einer mehrteiligen Teiltiegelanordnung, wobei mindestens ein Behälter zwei oder mehrere Teilbehälter aufweisen kann, diese Teiltiegel mit unterschiedlichen Materialien gefüllt sein, um mindestens eine weitere Stoffkomponente zusätzlich (z. B. gleichzeitig mit) verdampfen zu können.

[0144] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Behälter nicht die gleiche Höhenposition bezogen auf das Substrat aufweisen, sondern zur Optimierung der Einzel-Beschichtungsrate und des Gradienten entsprechend eingestellt sein. Ferner können die dem jeweiligen Prozessort zugeordneten Magnetspulenpaare unterschiedliche Positionen zueinander und zum Prozessort aufweisen. In einem solchen Fall können die Magnetjochverbindungen schräg angeordnet sein.

[0145] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die in **Fig. 2A** und/oder **Fig. 2B** dargestellte Symmetrie der Prozessconfiguration nicht zwingend notwendig sein. Ferner können mit Abnahme des Füllstandes der Tiegel die Verdampfungsgutoberflächen durch Tiegelhöhenverstellung derart angepasst werden oder angepasst sein, dass der Bedampfungsabstand konstant bleiben kann und damit können auch die geometrischen Verhältnisse zum Ausbilden des Konzentrationsgradienten konstant bleiben.

[0146] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Behälter **108a**, **108b** nebeneinander angeordnet sein.

[0147] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann sich in einer Gradientenschicht, oder beispielsweise in einer Schicht, die einen Material-Gradienten aufweist, die chemische Zusammensetzung des Schichtmaterials entlang zumindest einer Richtung ändern. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann dabei die Schichtdicke des abgedehnten Materials konstant bleiben.

[0148] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können Dampfquellen mittels des Elektronenstrahls auf dem Targetmaterial erzeugt werden, wobei die verschiedenen Dampfquellen in einem großen Bereich verteilt ein können, z. B. können zwei Dampfquellen eine Entfernung zwischen einander in einem Bereich von ungefähr 0,5 m bis ungefähr 2 m aufweisen. Daher kann mittels der hierin beschriebenen Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung **100** ein breites Substrat (mit einer Breite in einem Bereich von ungefähr 0,5 m bis ungefähr 2 m) mit einer Schicht beschichtet werden, die eine hohe Schichtdickenkonstanz und/oder Konzentrationskonstanz aufweisen kann.

[0149] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Verfahren oder eine Vorrichtung zum Mehrtiegelverdampfen (z. B. Zweitiegelverdampfen) bereitgestellt sein oder bereitgestellt werden, wobei jede Stoffkomponente in jeweils einem Verdampfungstiegel angeordnet sein kann und wobei die Verdampfungstiegel individuell steuerbar und/oder regelbar sein können. Aufgrund eines bestimmten Abstands zwischen den jeweiligen Dampfquellen kann bei dem Abscheiden des Materials und/oder bei der

Schichtbildung ein Konzentrationsgradient (oder ein Stoffmengen-Konzentrationsgradient) auftreten. Dieser Konzentrationsgradient in der abgeschiedenen Schicht kann aufgrund einer entsprechenden Verdampfungsgeometrie tolerierbar gestaltet sein. Ferner kann der Konzentrationsgradient in der abgeschiedenen Schicht angestrebt sein, wie es beispielsweise zum Bilden von Cermet-Schichten genutzt werden kann.

[0150] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Dampfausnutzungsgrad beim Elektronenstrahlverdampfen verbessert sein, indem der Abstand zwischen dem Substrat und den Dampfquellen auf der Oberfläche des Verdampfungsguts gering eingerichtet sein kann. Daher können die magnetischen Umlenkkonfigurationen zum Erzeugen der statischen Magnetfelder derart eingerichtet sein, dass eine entsprechende Führung der Elektronenstrahlen innerhalb der Verdampfungsumgebung realisiert sein kann. Somit kann ein Strahleinschuss sowie eine Strahlführung beider Elektronenstrahlen zwischen der Dampfquelle und dem zu beschichtenden Substrat erfolgen, wobei die Elektronenstrahlen vom Substrat fern bleiben können und gleichzeitig ein steiler Auftreffwinkel beider Elektronenstrahlen auf den Oberflächen der Targets realisiert sein kann. Diese Konfiguration kann beispielsweise genutzt werden, um ein breites Substrat zu beschichten, wobei die Dampfquellen quer und symmetrisch zur Mitte des Substratflusses mit den zwei schnell abgelenkten Elektronenstrahlen erzeugt werden können.

[0151] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die hierin beschriebene Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung bei Großflächenbeschichtung mit großen Beschichtungsbreiten geeignet sein, zwei ausgedehnte Dampfquellverteilungen auf zwei Tiegeln zu erzeugen, so dass es realisiert werden kann, über die gesamte Breite eines Substrats eine hohe Schichtdickenkonstanz und/oder Konzentrationskonstanz zu erreichen.

[0152] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die Richtung des Elektronenstrahls (die Abstrahlrichtung des Elektronenstrahls aus der Elektronenquelle) mittels des Ablenkensystems in einem Winkelbereich von ungefähr -60° bis zu ungefähr $+60^\circ$ abgelenkt oder verändert werden. Dabei kann der Elektronenstrahl beispielsweise entlang der Richtung **103**, wie in **Fig. 2A** dargestellt ist, abgelenkt werden, so dass die Breite des Verdampfungsguts (die Ausdehnung des Verdampfungsguts **118a**, **118b** entlang der Richtung **103**) besser ausgenutzt werden kann. Ferner kann somit eine Großflächenbeschichtung über die gesamte Breite eines Substrates (Ausdehnung des Substrates entlang der Richtung **103**) ermöglicht werden.

[0153] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der erste Aufnahmebereich einen ersten Behälter aufweisen zum Aufnehmen eines ersten Materials; und/oder der zweite Aufnahmebereich kann einen zweiten Behälter aufweisen zum Aufnehmen eines zweiten Materials.

[0154] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das erste Magnetfeld, welches mittels der ersten magnetischen Umlenkkonfiguration erzeugt wird, näher an der ersten Elektronenstrahlquelle angeordnet sein als das zweite Magnetfeld, welches mittels der zweiten magnetischen Umlenkkonfiguration erzeugt wird; und das zweite Magnetfeld, welches mittels der zweiten magnetischen Umlenkkonfiguration erzeugt wird, kann näher an der zweiten Elektronenstrahlquelle angeordnet sein als das erste Magnetfeld, welches mittels der ersten magnetischen Umlenkkonfiguration erzeugt wird. Ferner kann dabei das erste Magnetfeld den ersten Elektronenstrahl umlenken und das zweite Magnetfeld kann den zweiten Elektronenstrahl umlenken.

[0155] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Umlenken des jeweiligen Elektronenstrahls so verstanden werden, dass der Elektronenstrahl aus einer ursprünglichen Richtung auf das Target, den Behälter, den Aufnahmebereich, und/oder das Verdampfungsgut umgelenkt wird. Ferner kann der Elektronenstrahl vor dem Umlenken entsprechend nicht auf das Target, den Behälter, den Aufnahmebereich, und/oder das Verdampfungsgut auftreffen.

[0156] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die erste magnetische Umlenkkonfiguration und die zweite magnetische Umlenkkonfiguration jeweils zwei Spulen aufweisen, wobei jeweils die erste Spule und die zweite Spule der Umlenkkonfiguration auf gegenüberliegenden Seiten des entsprechenden Behälters angeordnet sind, vergleiche beispielsweise **Fig. 1A**.

[0157] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die magnetischen Umlenkkonfigurationen nicht mit dem jeweiligen Behälter gekoppelt oder mechanisch verbunden sein.

[0158] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Targetmaterial oder ein Verdampfungsgut ohne Behälter in dem entsprechenden Aufnahmebereich angeordnet sein, beispielsweise in dem Fall, dass kein pulverförmiges Targetmaterial oder pulverförmiges Verdampfungsgut verwendet wird.

[0159] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die hierin beschriebene Orientierung der Magnetfelder auf die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung bezogen sein und beispielsweise nicht auf den Elektronenstrahl oder auf die Ausbreitungsrichtung des Elektronenstrahls selbst.

[0160] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen können die Eigenschaften des Gradienten der Gradientenschicht mittels der Tiegelhöhe, mittels Blenden, und/oder mittels der Leistungseinträge der Elektronenstrahlen in das Targetmaterial beeinflusst werden.

[0161] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das Zusammenwirken des Ablenkensystems mit der Umlenkconfiguration eine großflächige Beschichtung mit hoher Schichtdickenhomogenität und Dampfausnutzung ermöglichen. Ferner kann das interne Ablenkensystem der Elektronenstrahlkanone das Erzeugen eines breiten Quellbereichs für die Großflächenbeschichtung ermöglichen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann die magnetische Umlenkconfiguration einen geringen Bedampfungsabstand ermöglichen. Ferner kann die Tiegelanordnung nicht symmetrisch sein. Beispielsweise kann die Tiegelanordnung eine Kombination aus einem größeren und einem kleineren Tiegel aufweisen. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Korrektur des Abstandes zwischen Tiegel und Substrat während einer Kampagne durchgeführt werden, so dass beispielsweise der Ort der jeweiligen Dampfquellen konstant bleiben kann, wobei damit die Beschichtungsparameter für die Gradientenschicht unverändert bleiben können. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine Anordnung der Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung unterhalb des Beschichtungsbereiches beispielsweise einen kleineren Abstand zwischen dem Tiegel und dem Substrat ermöglichen. Ferner kann dies eine bessere Ausnutzung des Materials ermöglichen.

[0162] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein Gaseinlass in die Tiegelanordnung integriert sein. Beispielsweise können dabei ein erster Tiegel, ein zweiter Tiegel und ein Gaseinlass in den entsprechenden Aufnahmebereichen angeordnet sein. Ferner kann dabei beispielsweise der erste Tiegel ein erstes Targetmaterial aufweisen, z. B. Mo, und der zweite Tiegel kann ein zweites Targetmaterial aufweisen, z. B. Aluminiumoxid (oder Al_2O_3) und mittels des Gaseinlasses kann beispielsweise Sauerstoff eingelassen werden, so dass eine Mo/MoAl_xO_y/Al₂O₃ Gradientenschicht abgeschieden wird oder abgeschieden werden kann. Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann zusätzlich zu dem Verdampfungsgut ein Prozessgas bereitgestellt werden, beispielsweise Sauerstoff.

[0163] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann der Substrattransport durch den Beschichtungsbereich hindurch oder in dem Beschichtungsbereich gleichförmig gradlinig erfolgen. Ferner kann das Substrat in dem Beschichtungsbereich über eine Rolle, beispielsweise eine gekühlte Transportrolle, transportiert werden, so dass die Substratbewegung

im Wesentlichen kreisförmig ist oder zumindest teilweise auf einer Kreisbahn erfolgt.

[0164] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann eine magnetische Kopplung zwischen einer ersten Umlenkconfiguration und einer zweiten Umlenkconfiguration mittels eines magnetischen Leiters erfolgen, beispielsweise mittels einer Struktur, welche ein magnetisches oder magnetisierbares Material aufweist. Ferner kann die magnetische Kopplung als eine Nahwirkung betrachtet werden.

[0165] Eine magnetische Kopplung kann beispielsweise mittels eines Jochs, oder Eisenjochs, erfolgen, so dass dadurch eine Zwangsführung des Magnetfelds erzeugt wird.

[0166] Gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann das verdampfte Targetmaterial einen Dampfausbreitungsbereich erzeugen, so dass beispielsweise in Substratnähe eine Beschichtungszone entsteht. Die Beschichtungszone, der Abscheidebereich und/oder der Beschichtungsbereich kann beispielsweise auch entlang einer gekrümmten Fläche verlaufen.

[0167] Die Doppelpulenumlenkconfiguration, wie hierin beschrieben, kann beispielsweise ein Bestandteil einer Beschichtungsanordnung (Elektronenstrahlverdampfungsanordnung) sein, wobei das magnetische Umlenkensystem, das Tiegelsystem und die Elektronenstrahleinrichtung jeweils voneinander getrennte Komponenten der Anordnung sein können, so dass diese optimal in ihrer Geometrie aufeinander abgestimmt sein können oder werden können. Dabei können beispielsweise mit Hilfe des Ablenkensystems der Elektronenstrahleinrichtung mehrere flächig ausgedehnte Quellfiguren auf dem Verdampfungsgut eines Tiegels mit großer Oberfläche erzeugt werden. Dies kann beispielsweise zur Anwendung für Großflächenbeschichtung genutzt werden oder vorteilhaft sein. Da der Tiegel vom Magnetsystem nicht umbaut ist, kann der Tiegel ferner unabhängig von anderen Komponenten in seiner Größe derart gewählt werden, dass beispielsweise die Materialbevorratung für lange Beschichtungskampagnen ausreicht, und der Tiegel kann beispielsweise auch vorteilhaft für einen gleichmäßigen Flächenabtrag einer geeigneten Tiegelbewegung unterworfen werden.

[0168] Die magnetische Strahlumlenkung kann beispielsweise dazu dienen, den Elektronenstrahl flach unterhalb des Substrattransportbereichs einzuschleusen und dann den Elektronenstrahl möglichst steil auf das Verdampfungsgut zu lenken. Dadurch kann beispielsweise einerseits großflächig verdampft werden und andererseits mit geringem Bedampfungsabstand beschichtet werden, so dass eine hohe Dampfausnutzung erreicht werden kann. Die Schichtdickengenauigkeit während eines Abscheideprozesses kann dadurch verbessert sein, dass mit der hierin be-

schriebenen Anordnung eine zum Elektronenstrahl-einschuss symmetrische Quellverteilung und Auftreffwinkelverteilung ermöglicht sein kann oder werden kann. Diese Symmetrie kann beispielsweise bei Schrägeinschüssen des Elektronenstrahls oder bei einer verwendeten Magnetfalle nicht gegeben sein.

[0169] Das Verdampfersystem (die Beschichtungsanordnung) mit Doppelspulen-Umlenkensystem kann mittels der zwei Elektronenstrahleinrichtungen zwei Materialien aus zwei Tiegeln verdampfen, wobei beispielsweise folgende Aspekte realisiert sein können: ein geringer Bedampfungsabstand, eine große zweidimensionale Quellflächenausdehnung der Dampfquelle (beispielsweise können dabei auch mehrere Dampfquellen mit jeweils einer Kanone erzeugt werden), eine offene Bauweise und räumliche Anordnung des Magnetsystems (beispielsweise vom Tiegel getrennte Komponente, welche die Tiegelgröße nicht beinschränkt), einen Verdampfertiegel mit großer zweidimensional ausgedehnter Oberfläche, eine Verstellmöglichkeit der Tiegels, eine Symmetrie der Leistungsverteilung und der Dampfdichteverteilung quer zum zu beschichtenden Substrat, wobei sich Anwendungsgebiete dafür auf eine Legierungsverdampfung, eine Gradientenbeschichtung und/oder eine Dotierung beziehen können.

[0170] Die magnetisch durch ein Joch zur Zwangsführung des Magnetfeldes gekoppelten Spulenpaare können ein Elektronenstrahlverdampfen mittels einander gegenüberliegender Elektronenstrahlquellen ermöglichen. Ferner können beispielsweise entlang der Verbindungslinie zwischen den Elektronenstrahlkanonen (entlang der Substrattransportrichtung) die Magnetspulenpaare nach einander folgend angeordnet sein, wobei jedes Spulenpaar gegenüber dem Substratfluss und gegenüber den Verdampfertiegeln symmetrisch zur gleichen Symmetrieebene angeordnet sein kann.

Patentansprüche

1. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung (**100**) aufweisend:

- eine erste Elektronenstrahlquelle (**102a**), eingerichtet zum Bereitstellen eines ersten Elektronenstrahls (**112a**);
- eine zweite Elektronenstrahlquelle (**102b**), eingerichtet zum Bereitstellen eines zweiten Elektronenstrahls (**112b**);
- einen ersten Aufnahmebereich (**106a**) zum Aufnehmen mindestens eines ersten Materials (**118a**);
- einen zweiten Aufnahmebereich (**106b**) zum Aufnehmen mindestens eines zweiten Materials (**118b**);
- eine erste magnetische Umlenkconfiguration (**104a**) zum Erzeugen eines ersten Magnetfelds, eingerichtet zum Umlenken des ersten Elektronenstrahls (**112a**) aus einer seitlichen Richtung auf den ersten Aufnahmebereich (**106a**); und

- eine zweite magnetische Umlenkconfiguration (**104b**) zum Erzeugen eines zweiten Magnetfelds, eingerichtet zum Umlenken des zweiten Elektronenstrahls (**112b**) aus einer seitlichen Richtung auf den zweiten Aufnahmebereich (**106b**);
- wobei die erste Umlenkconfiguration (**104a**) und die zweite Umlenkconfiguration (**104b**) miteinander magnetisch gekoppelt sind und derart eingerichtet sind, dass das erste Magnetfeld und das zweite Magnetfeld zueinander entgegengesetzt orientiert sind.

2. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß Anspruch 1, wobei die erste Umlenkconfiguration (**104a**) und die zweite Umlenkconfiguration (**104b**) miteinander mittels einer Magnetkopplungskonfiguration (**204**) magnetisch gekoppelt sind.

3. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Elektronenstrahlquelle (**102a**) und/oder die zweite Elektronenstrahlquelle (**102b**) eine Elektronenstrahlkanone aufweisen/aufweist.

4. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der erste Aufnahmebereich (**106a**) und der zweite Aufnahmebereich (**106b**) zwischen der ersten Elektronenstrahlquelle (**102a**) und der zweiten Elektronenstrahlquelle (**102b**) angeordnet sind.

5. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4,

- wobei der erste Aufnahmebereich (**106a**) mindestens einen ersten Behälter (**108a**) aufweist zum Aufnehmen des mindestens einen ersten Materials (**118a**); und/oder
- wobei der zweite Aufnahmebereich (**106b**) mindestens einen zweiten Behälter (**108b**) aufweist zum Aufnehmen des mindestens einen zweiten Materials (**118b**).

6. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5,

- wobei das mindestens eine erste Material (**118a**) in dem ersten Aufnahmebereich (**106a**) aufgenommen ist; und
- wobei das mindestens eine zweite Material (**118b**) in dem zweiten Aufnahmebereich (**106b**) aufgenommen ist.

7. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das mindestens eine erste Material (**118a**) und das mindestens eine zweite Material (**118b**) unterschiedliche Materialien sind.

8. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7,

- wobei der erste Aufnahmebereich (**106a**) näher an der ersten Elektronenstrahlquelle (**102a**) angeordnet ist als der zweite Aufnahmebereich (**106b**); und
- wobei der zweite Aufnahmebereich (**106b**) näher an der zweiten Elektronenstrahlquelle (**102b**) angeordnet ist als der erste Aufnahmebereich (**106a**).

9. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die erste magnetische Umlenkkonfiguration (**104a**) und/oder die zweite magnetische Umlenkkonfiguration (**104b**) eine Magnetanordnung und/oder eine Spulenordnung aufweisen.

10. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß Anspruch 9,

- wobei die erste magnetische Umlenkkonfiguration (**104a**) einen ersten Magneten und/oder eine erste Spule aufweist;
- wobei die zweite magnetische Umlenkkonfiguration (**104b**) einen zweiten Magneten und/oder eine zweite Spule aufweist.

11. Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die erste Umlenkkonfiguration (**104a**) und die zweite Umlenkkonfiguration (**104b**) mittels mindestens eines Jochs (**204**) miteinander magnetisch gekoppelt sind.

12. Beschichtungsanlage aufweisend:

- eine Vakuumkammer; und
- eine in der Vakuumkammer angeordnete Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung (**100**) gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 zum Abscheiden einer Gradientenschicht auf einem Substrat in einem Beschichtungsbereich der Vakuumkammer.

13. Beschichtungsanlage gemäß Anspruch 12, ferner aufweisend:

- eine Transportvorrichtung zum Transportieren eines Substrats durch den Beschichtungsbereich hindurch.

14. Beschichtungsanlage gemäß Anspruch 12 oder 13, wobei die Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung (**100**) zumindest teilweise unterhalb des Beschichtungsbereichs angeordnet ist.

15. Beschichtungsanlage gemäß einem der Ansprüche 12 bis 14, wobei die vollständige Elektronenstrahl-Verdampfungsanordnung (**100**) unterhalb eines Abscheidebereichs innerhalb des Beschichtungsbereichs angeordnet ist.

16. Verfahren zum Abscheiden einer Schicht auf einem Substrat in einer Vakuumkammer, wobei das Verfahren aufweist:

- Umlenken eines ersten Elektronenstrahls (**112a**) mittels eines ersten Magnetfelds einer ersten magnetischen Umlenkkonfiguration (**104a**) aus einer seitlichen Richtung auf einen ersten Aufnahmebereich

(**106a**), in dem mindestens ein erstes Material (**118a**) aufgenommen ist, so dass ein Teil des mindestens einen ersten Materials (**118a**) verdampft wird;

- Umlenken eines zweiten Elektronenstrahls (**102b**) mittels eines zweiten Magnetfelds einer zweiten magnetischen Umlenkkonfiguration (**104b**) aus einer seitlichen Richtung auf einen zweiten Aufnahmebereich (**106b**), in dem mindestens ein zweites Material (**118b**) aufgenommen ist, so dass ein Teil des mindestens einen zweiten Materials (**118b**) verdampft wird;

- Abscheiden des mindestens einen ersten Materials (**118a**) und des mindestens einen zweiten Materials (**118b**) auf dem Substrat in einem Beschichtungsbereich der Vakuumkammer;

- wobei die erste magnetische Umlenkkonfiguration (**104a**) und die zweite magnetische Umlenkkonfiguration (**104b**) miteinander magnetisch gekoppelt sind und derart eingerichtet sind, dass das erste Magnetfeld und das zweite Magnetfeld zueinander entgegengesetzt orientiert sind.

17. Verfahren gemäß Anspruch 16, ferner aufweisend:

- Transportieren des Substrats durch den Beschichtungsbereich der Vakuumkammer hindurch.

18. Verfahren gemäß Anspruch 16 oder 17, wobei das mindestens eine erste Material (**118a**) und das mindestens eine zweite Material (**118b**) mit einem Material-Gradienten auf dem Substrat abgeschieden werden.

19. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 18, wobei ein Material des mindestens einen ersten Materials (**118a**) und des mindestens einen zweiten Materials (**118b**) Aluminium aufweist und ein anderes Material des mindestens einen ersten Materials (**118a**) und des mindestens einen zweiten Materials (**118b**) Silizium aufweist.

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 16 bis 19, wobei das Abscheiden des mindestens einen ersten Materials (**118a**) und des mindestens einen zweiten Materials (**118b**) auf einem Bandsubstrat oder einem Endlossubstrat erfolgt.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1A

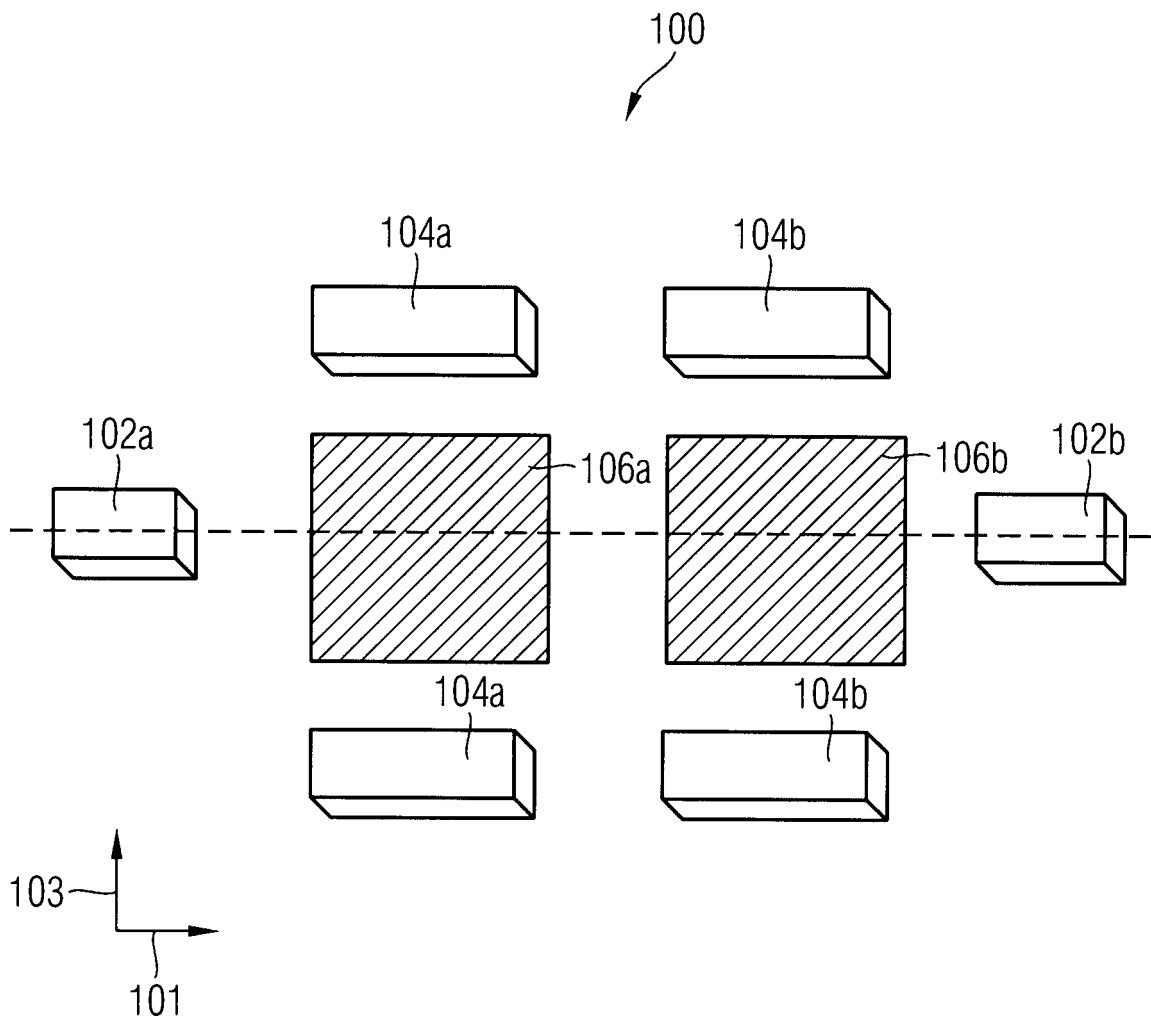


FIG. 1B

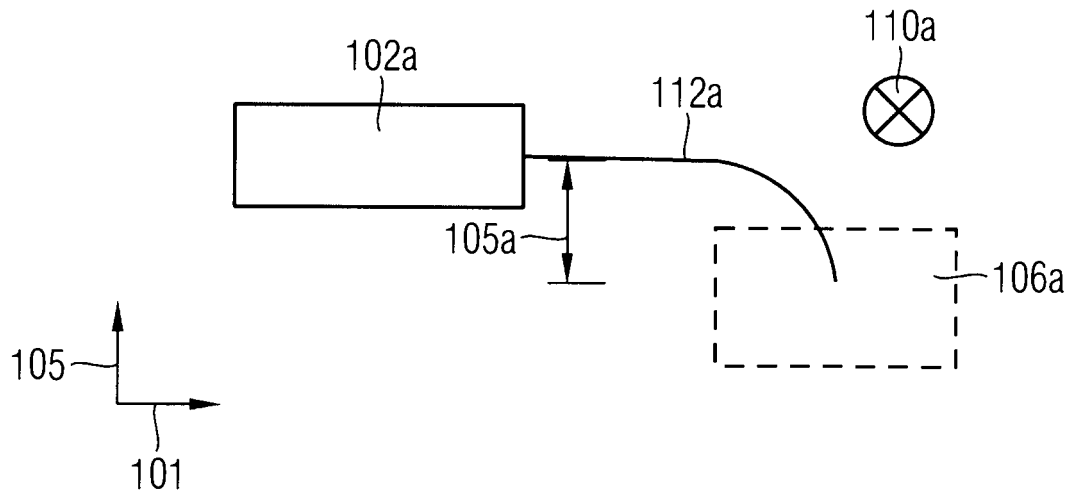


FIG. 1C

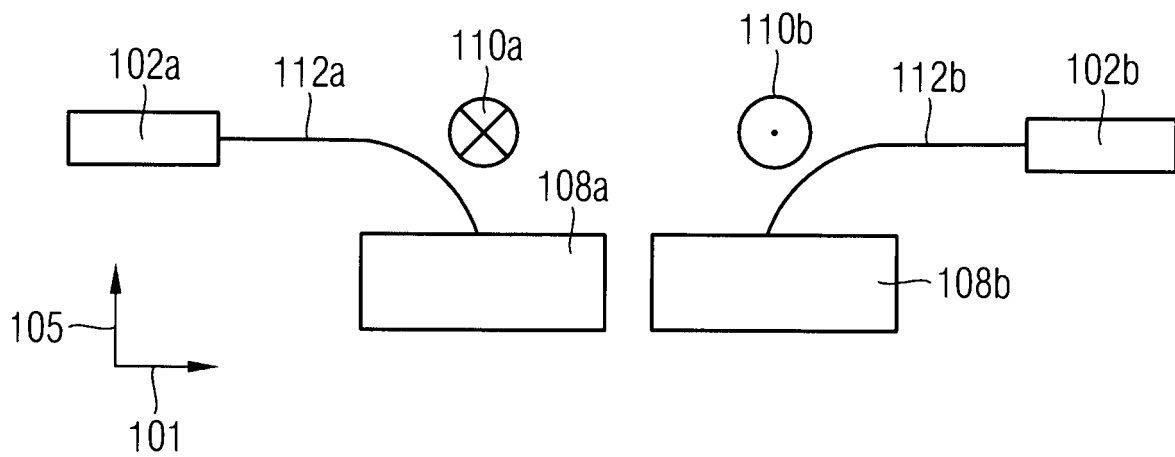


FIG. 1D

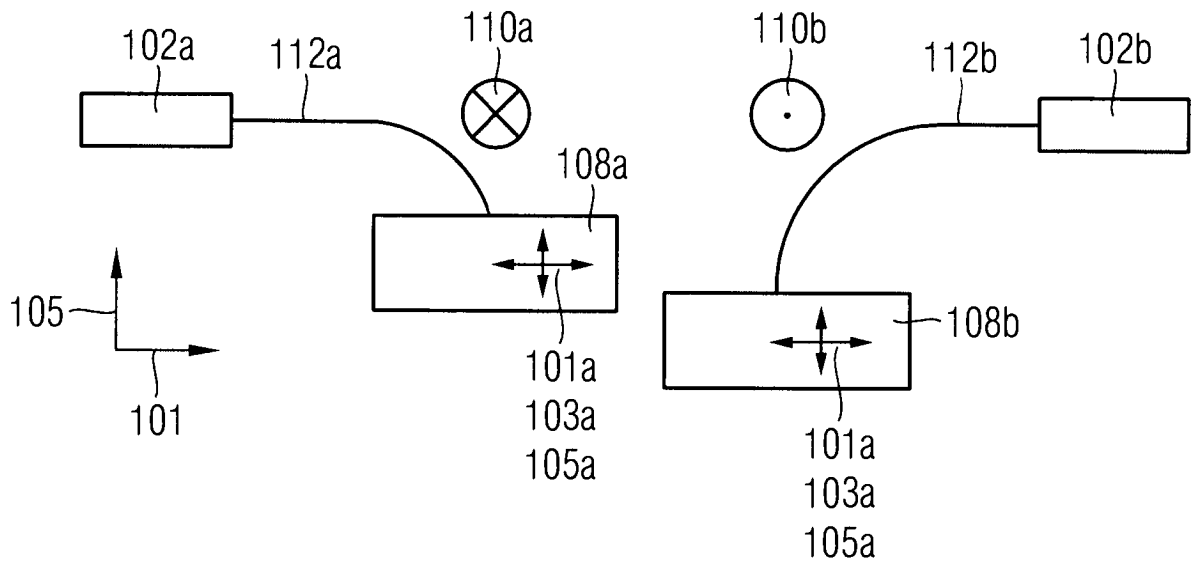


FIG. 1E

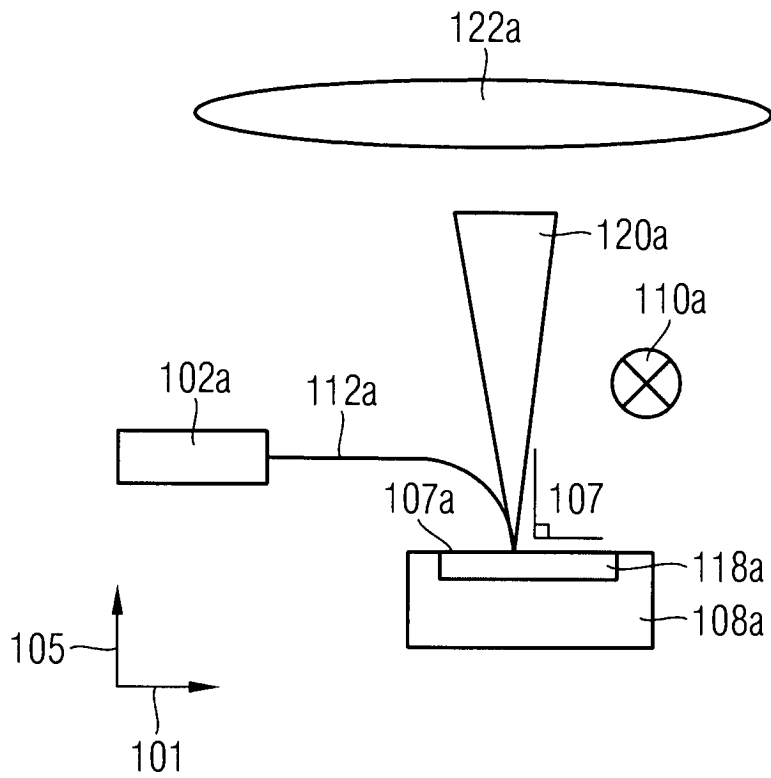


FIG. 1F

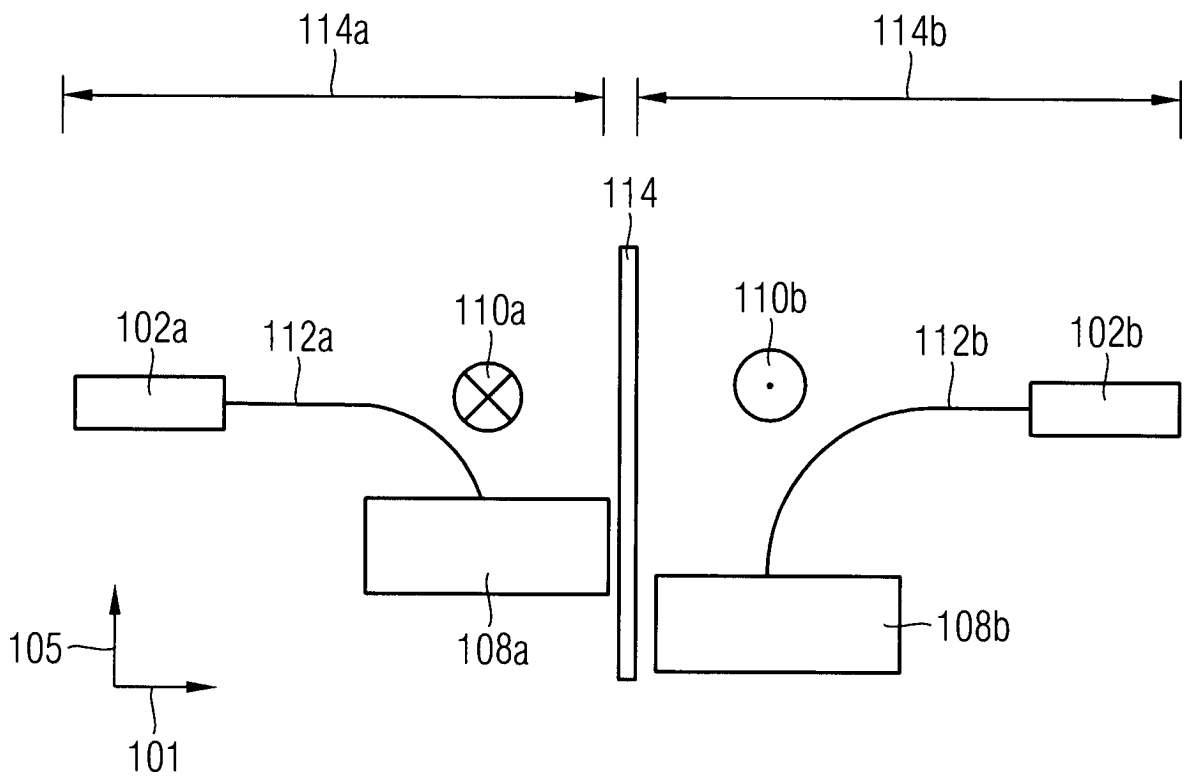


FIG. 2A

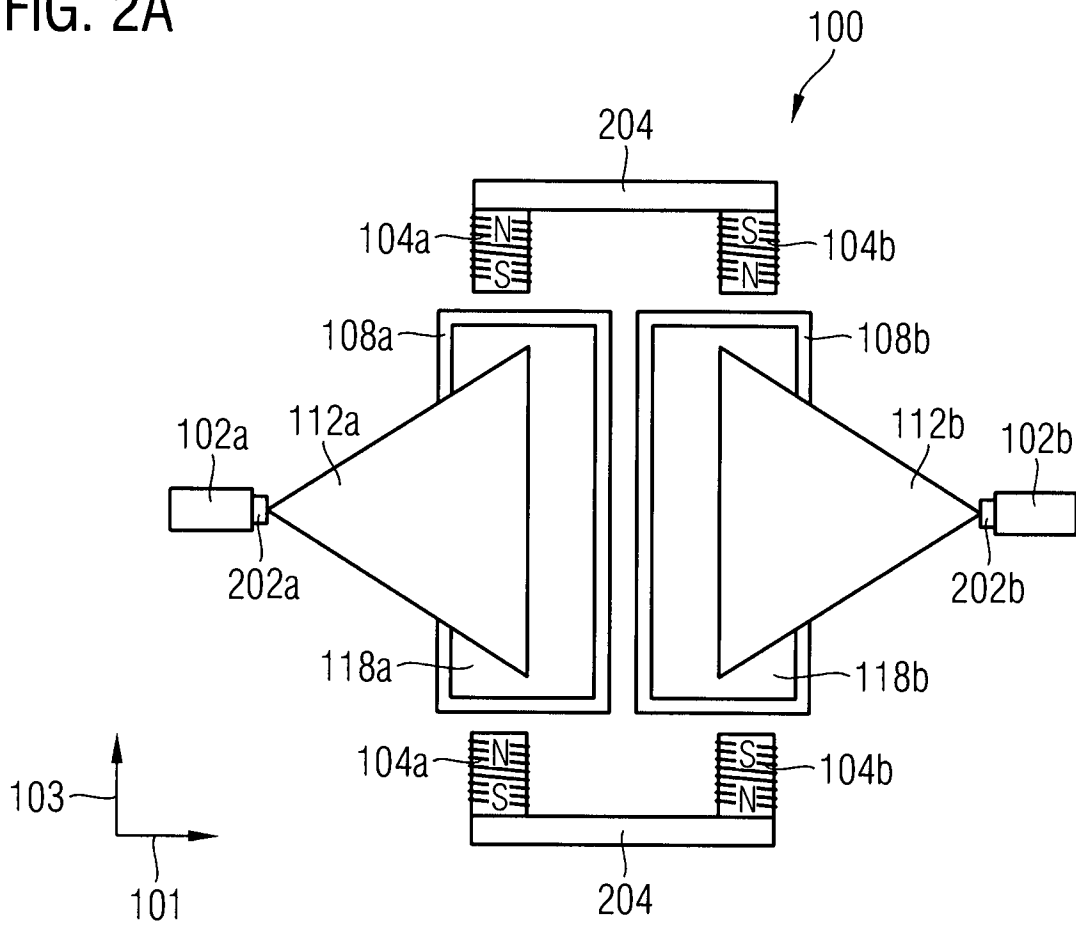


FIG. 2B

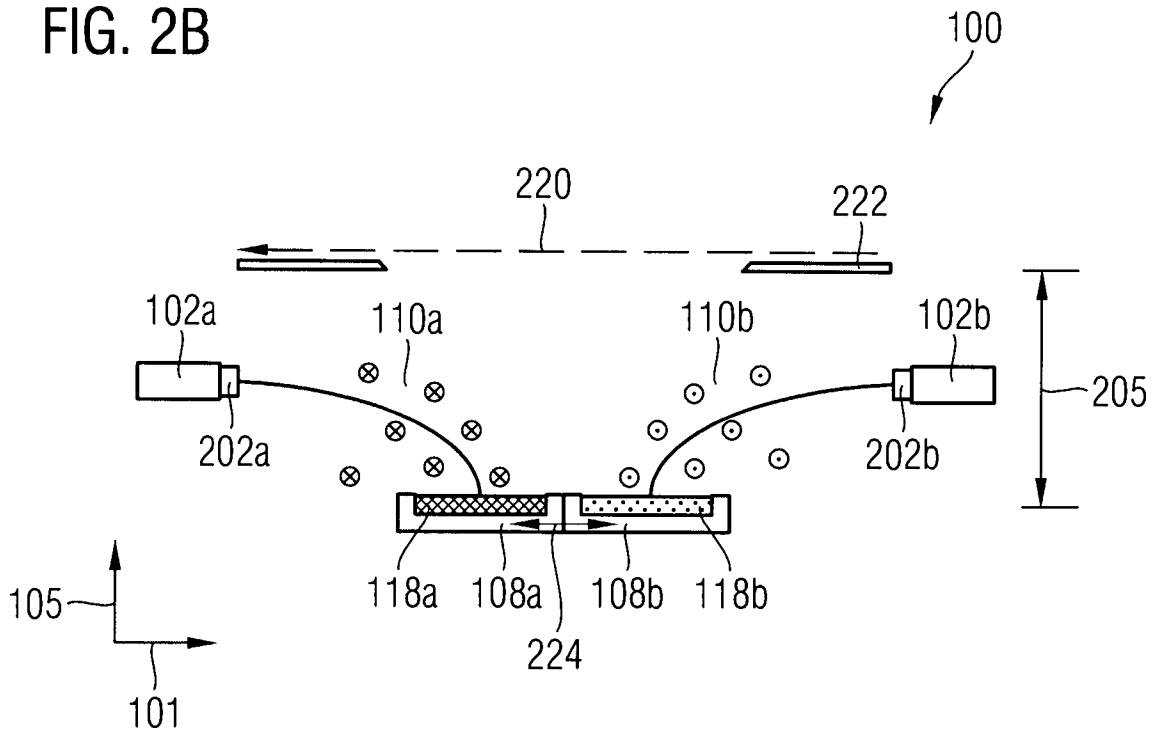


FIG. 3A

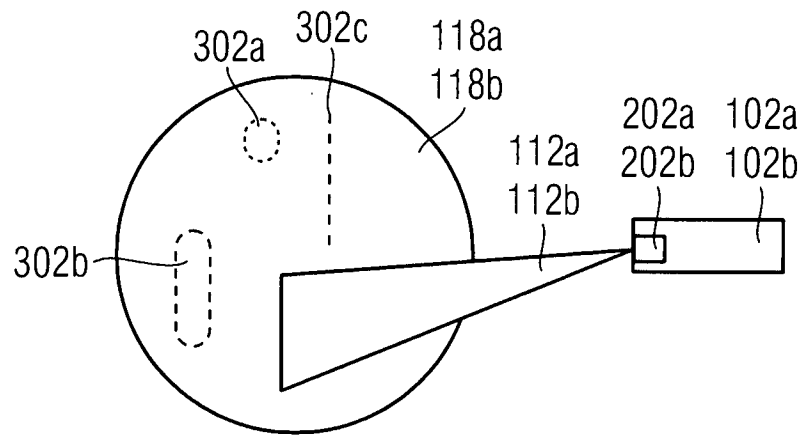


FIG. 3B

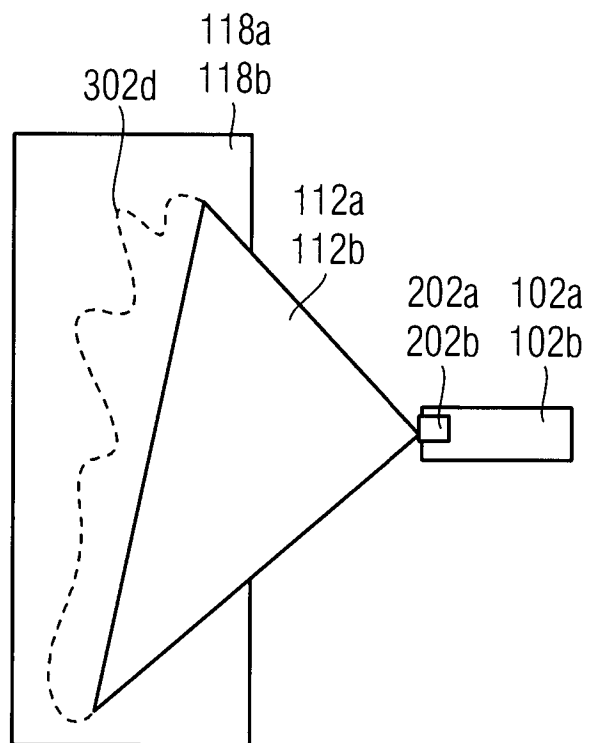


FIG. 4

