

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) **CH 713 732 A2**

(51) Int. Cl.: **H01L 21/68** (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) **PATENTANMELDUNG**

(21) Anmeldenummer: 00427/18

(22) Anmeldedatum: 03.04.2018

(43) Anmeldung veröffentlicht: 31.10.2018

(30) Priorität: 28.04.2017 CH 575/17

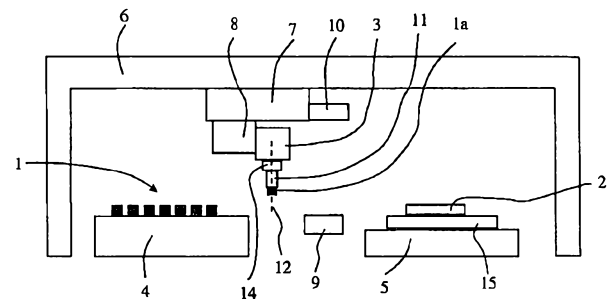
(71) Anmelder:
Besi Switzerland AG, Hinterbergstr. 32A
6330 Cham (CH)

(72) Erfinder:
Norbert Bilewicz, 6134 Vomp (AT)
Andreas Mayr, 6200 Wiesing (AT)
Hugo Pristauz, 6380 St. Johann i. Tirol (AT)
Hubert Selhofer, 6020 Innsbruck (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwaltsbüro Dr. Urs Falk, Eichholzweg 9A
6312 Steinhausen (CH)

(54) **Vorrichtung und Verfahren zum Montieren von Bauelementen auf einem Substrat.**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Montieren von Bauelementen (1) auf einem Substrat (2). Die Vorrichtung umfasst einen Bondkopf (3) mit einem Bauelementgreifer (11), ein erstes Antriebssystem (6) zum Bewegen eines Trägers (7) über relativ grosse Distanzen, ein zweites, am Träger (7) befestigtes Antriebssystem (8) zum Hin- und Herbewegen des Bondkopfs (3) zwischen einer nominalen Arbeitsposition und einer Stand-by Position, einen am Bondkopf (3) befestigten Antrieb (14) zum Drehen des Bauelementgreifers (11) oder einen Rotationsantrieb (15) zum Drehen des Substrats (2) um eine Achse, wenigstens eine am Träger (7) befestigte Substratkamera (10) und wenigstens eine Bauelementkamera (9). Entweder ist das zweite Antriebssystem (8) auch ausgebildet, um mit dem Bondkopf (3) hochpräzise Korrekturbewegungen auszuführen, oder es ist ein drittes Antriebssystem vorhanden, um hochpräzise Korrekturbewegungen mit dem Substrat (2) durchzuführen. Am Bondkopf (3) oder am Bauelementgreifer (11) ist wenigstens eine Referenzmarkierung angebracht.



Beschreibung

Technisches Gebiet

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung für die Montage von Bauelementen, typischerweise elektronischen oder optischen Bauelementen, insbesondere Halbleiterchips und Flipchips, auf einem Substrat. Die Montage wird in der Fachwelt auch als Bondprozess oder Bestückprozess bezeichnet.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Vorrichtungen dieser Art werden insbesondere in der Halbleiterindustrie verwendet. Beispiele derartiger Vorrichtungen sind Die Bonder oder Pick Place Maschinen, mit denen Bauelemente in der Form von Halbleiterchips, Flipchips, mikromechanischen, mikrooptischen und elektrooptischen Bauelementen, und dergleichen auf Substraten wie beispielsweise Leadframes, Leiterplatten, Keramiken, etc. abgesetzt und gebondet werden. Die Bauelemente werden dabei an einem Entnahmeort von einem Bondkopf aufgenommen, insbesondere angesaugt, zu einem Substratplatz gefahren und an einer genau definierten Position auf dem Substrat abgesetzt. Der Bondkopf ist Teil eines Pick und Place Systems, das Bewegungen des Bondkopfs in mindestens drei Raumrichtungen ermöglicht. Damit die Platzierung des Bauelements auf dem Substrat lagegenau erfolgen kann, muss sowohl die genaue Position des vom Bondkopf ergriffenen Bauelements in Bezug auf die Positionierungsachse des Bondkopfs als auch die genaue Position des Substratplatzes ermittelt werden.

[0003] Die auf dem Markt erhältlichen Montagevorrichtungen erreichen im besten Fall eine Platzierungsgenauigkeit von 2 bis 3 Mikrometern bei einer Standardabweichung von 3 Sigma.

Kurze Beschreibung der Erfindung

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung und ein Verfahren zu entwickeln, die eine im Vergleich zum Stand der Technik höhere Platzierungsgenauigkeit erreichen.

[0005] Die Erfindung besteht in den in den Ansprüchen 1 und 6 angegebenen Merkmalen. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

[0006] Die erfindungsgemässe Vorrichtung umfasst einen Bondkopf mit einem Bauelementgreifer, ein erstes Antriebssystem zum Bewegen eines Trägers über relativ grosse Distanzen, ein zweites, am Träger befestigtes Antriebssystem zum Hin- und Herbewegen des Bondkopfs zwischen einer nominalen Arbeitsposition und einer Stand-by Position, einen am Bondkopf befestigten Antrieb zum Drehen des Bauelementgreifers oder einen Rotationsantrieb zum Drehen des Substrats um eine senkrecht zur Substratoberfläche verlaufende Achse, wenigstens eine am Träger befestigte Substratkamera und wenigstens eine Bauelementkamera. Der Bondkopf oder der Bauelementgreifer enthält wenigstens eine Referenzmarkierung, die sowohl von der mindestens einen Bauelementkamera als auch der mindestens einen Substratkamera verwendet wird, um die Lage des Bauelements relativ zum Bondkopf bzw. die Lage des Bondkopfs relativ zum Substratplatz zu bestimmen. Das Substrat enthält mindestens eine Substratmarkierung und das Bauelement mindestens eine Bauelementmarkierung oder eine als Bauelementmarkierung geeignete Struktur.

[0007] Das erste Antriebssystem dient zum Bewegen des Bondkopfs über relativ grosse Distanzen bei relativ geringer Positionsgenauigkeit. Das zweite Antriebssystem dient zum Hin- und Herbewegen des Bondkopfs zwischen der nominalen Arbeitsposition und einer Stand-by Position. In der nominalen Arbeitsposition verdeckt der Bondkopf die am Substrat angebrachte(n) Substratmarkierung(en) und wird deshalb temporär in die Stand-by Position gebracht, wo der Bondkopf die Substratmarkierung(en) nicht mehr verdeckt, so dass die Substratkamera(s) ein Bild der Substratmarkierung(en) aufnehmen kann/können. Das zweite Antriebssystem dient zudem vorzugsweise auch zum Bewegen des Bondkopfs über relativ kleine Distanzen bei sehr hoher Positionsgenauigkeit, d.h. zum Durchführen von hochpräzisen Korrekturbewegungen des Bondkopfs. Alternativ kann ein drittes Antriebssystem vorhanden sein, um hochpräzise Korrekturbewegungen des Substrats durchzuführen.

[0008] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen und anhand der Zeichnung näher erläutert. Die Figuren sind schematisch und nicht massstäblich gezeichnet.

Beschreibung der Figuren

[0009]

- Fig. 1 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Montieren von Bauelementen auf einem Substrat,
- Fig. 2 zeigt schematisch ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Montieren von Bauelementen auf einem Substrat, und
- Fig. 3–5 zeigen Momentaufnahmen während des erfindungsgemässen Montageverfahrens.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0010] Die Fig. 1 zeigt schematisch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung zum Montieren von Bauelementen 1 auf einem Substrat 2. Die Substrate 2 enthalten mindestens eine Substratmarkierung 23 (Fig. 3). Die Bauelemente 1 sind insbesondere Flipchips, jedoch auch andere Halbleiterchips. Die Bauelemente 1 können auch elektronische, optische oder elektrooptische oder auch beliebige andere Bauelemente sein, die mit einer im Mikrometerbereich oder Submikrometerbereich liegenden Präzision zu montieren sind.

[0011] Die Montagevorrichtung umfasst einen Bondkopf 3, eine Zuführeinheit 4 zum Zuführen der Bauelemente 1, eine Vorrichtung 5 zum Zuführen und Bereitstellen der Substrate 2, sowie ein erstes Antriebssystem 6 für einen Träger 7 und ein zweites Antriebssystem 8 für den Bondkopf 3. Das zweite Antriebssystem 8 ist am Träger 7 befestigt. Die Vorrichtung umfasst weiter wenigstens eine Bauelementkamera 9 und wenigstens eine Substratkamera 10. Die Substratkamera(s) 10 ist/sind am Träger 7 befestigt. Der Bondkopf 3 umfasst einen Bauelementgreifer 11, der um eine Achse 12 drehbar ist. Im Folgenden ist ein Bauelement, das vom Bondkopf 3 gehalten wird, als Bauelement 1a bezeichnet. Der Bauelementgreifer 11 ist beispielsweise ein mit Vakuum beaufschlagbares Saugorgan, das ein Bauelement 1 ansaugt.

[0012] Die Zuführeinheit 4 umfasst beispielsweise einen Wafertisch, der jeweils eine Vielzahl von Halbleiterchips bereitstellt, und eine Flipvorrichtung, die einen Halbleiterchip nach dem anderen vom Wafertisch entnimmt und für die Übergabe als Flipchip an den Bondkopf 3 bereitstellt. Die Zuführeinheit 4 kann auch eine Zuführeinheit sein, die Flipchips oder andere Bauelemente eines nach dem anderen für die Übergabe an den Bondkopf 3 bereitstellt.

[0013] Der Bondkopf 3 oder der Bauelementgreifer 11 enthält wenigstens eine Referenzmarkierung 13 (Fig. 3). mit Vorteil wenigstens zwei Referenzmarkierungen 13, damit sowohl eine Verschiebung des vom Bauelementgreifer 11 des Bondkopfs 3 gehaltenen Bauelements 1a als auch eine Verdrehung des Bauelements 1a aus seiner Soll-Lage erfasst und korrigiert werden kann. Die Referenzmarkierung(en) 13 ist/sind so am Bondkopf 3 bzw. am Bauelementgreifer 11 angebracht, dass sie in dem von der Bauelementkamera 9 gelieferten Bild bzw. den von den Bauelementkameras 9 gelieferten Bildern sichtbar ist/sind, wenn sich der Bondkopf 3 im Blickfeld der Bauelementkamera 9 bzw. den Blickfeldern der Bauelementkameras 9 befindet, und in dem von der Substratkamera 10 gelieferten Bild bzw. den von den Substratkameras 10 gelieferten Bildern sichtbar ist/sind, wenn sich der Bondkopf 3 im Blickfeld der Substratkamera 10 bzw. den Blickfeldern der Substratkameras 10 befindet. Die Referenzmarkierung(en) 13 ist/sind beispielsweise als Kreuz in Bohrung(en) im Bauelementgreifer 11 ausgebildet, bevorzugt ist/sind sie auf einem Plättchen aus Glas in der Form von Strukturen aus Chrom gebildet. Glas ist durchsichtig, so dass die Referenzmarkierung(en) 13 von oben wie von unten und somit von allen Kameras 9 und 10 gesehen wird/werden. Bevorzugt wird ein Glas mit einem sehr geringen thermischen Ausdehnungskoeffizienten gewählt. Die Dicke des Glasplättchens ist mit Vorteil so ausgewählt, dass bei einer bestimmten Höhe des Bondkopfs 3 über dem Substrat 2 sowohl die Referenzmarkierung(en) 13 als auch die Substratmarkierung(en) 23 mit hinreichender Schärfe in dem von der/den Substratkamera(s) 10 aufgenommenen Bild abgebildet sind, d.h. dass sowohl die Referenzmarkierung(en) 13 als auch die Substratmarkierung(en) 23 im Schärfentiefebereich der Substratkamera(s) 10 liegen.

[0014] Das erste Antriebssystem 6 dient dazu, den Bondkopf 3 über relativ lange Distanzen zu transportieren, nämlich von einem Bauelement-Entnahmeort, wo der Bondkopf 3 das zu montierende Bauelement 1 von der Zuführeinheit 4 übernimmt, zu dem Substrat 2, wo der Bondkopf 3 das Bauelement 1a auf einem Substratplatz des Substrats 2 platziert. Die Anforderungen an die Positionsgenauigkeit des ersten Antriebssystems 6 sind relativ bescheiden, eine Positionsgenauigkeit von $\pm 10\ \mu\text{m}$ reicht in der Regel aus. Das erste Antriebssystem 6 ist beispielsweise als sogenanntes «gantry» mit zwei oder mehr mechanisch hochstabilen Bewegungsachsen ausgebildet, von denen zwei Bewegungsachsen Bewegungen des Trägers 7 in zwei senkrecht zueinander verlaufenden horizontalen Richtungen ermöglichen.

[0015] Die Auf und Ab Bewegungen des Bondkopfs 3 zum Entnehmen eines Bauelements 1 von der Zuführeinheit 4 und dem Absetzen des Bauelements 1a auf dem Substratplatz des Substrats 2 können auf verschiedene Arten erfolgen, beispielsweise

- das erste Antriebssystem 6 enthält eine dritte, hochstabile Bewegungsachse für die Auf und Ab Bewegung des Trägers 7,
- das zweite Antriebssystem 8 enthält einen zusätzlichen, hochgenauen Antrieb für die Auf und Ab Bewegungen des Bondkopfs 3,
- der Bondkopf 3 enthält einen hochgenauen Antrieb für Auf und Ab Bewegungen des Bauelementgreifers 11, der mit Vorteil luft- oder kugelgelagert ist.

Die Vorrichtung kann nur einen, oder zwei oder alle drei der genannten Bewegungsachsen/Antriebe für die Auf und Ab Bewegungen enthalten.

[0016] Das zweite Antriebssystem 8 dient dazu, einerseits den Bondkopf 3 in eine Stand-by Position zu bewegen, wie weiter unten näher ausgeführt ist, und andererseits hochpräzise Korrekturbewegungen des Bondkopfs 3 in zwei verschiedenen horizontalen Richtungen zu ermöglichen. Das zweite Antriebssystem 8 umfasst einen ersten Antrieb für die Bewegung des Bondkopfs 3 entlang einer ersten, als u-Richtung bezeichneten Richtung und einen zweiten Antrieb für die Bewegung des Bondkopfs 3 entlang einer zweiten, als v-Richtung bezeichneten Richtung. Die Richtungen u und v verlaufen in horizontaler Richtung und bevorzugt orthogonal zueinander. Der Bondkopf 3 umfasst, fakultativ, einen Antrieb 14 für die Drehung des Bauelementgreifers 11 um die Achse 12. Die Vorrichtung 5 zum Zuführen und Bereitstellen der Substrate 2

kann einen Rotationsantrieb 15 enthalten, um das Substrat 2 um eine orthogonal zu seiner Oberfläche verlaufende Achse zu drehen, um alternativ auf diese Weise allfällige Winkelfehler zu eliminieren.

[0017] Die Bauelementkamera 9 oder die mehreren Bauelementkameras 9 dienen dazu, die Lage des Bauelements 1a in Bezug auf die Lage der Referenzmarkierung(en) 13 zu erfassen. Die Substratkamera 10 oder die mehreren Substratkameras 10 dienen dazu, die Lage des Substratplatzes, auf dem das Bauelement 1a zu platzieren ist, in Bezug auf die Lage der Referenzmarkierung(en) 13 zu erfassen. Jede Bauelementkamera 9 und jede Substratkamera 10 umfasst einen Bildsensor 17 und eine Optik 18 (Fig. 3). Die Optik 18 der Substratkamera(s) 10 umfasst beispielsweise zwei Umlenkspiegel 19.

[0018] Die Bauelementkamera(s) 9 ist/sind beispielsweise stationär an der Vorrichtung angeordnet und der Bondkopf 3 wird auf dem Weg vom Bauelement-Entnahmeort zum Substratplatz über die Bauelementkamera(s) 9 gefahren und bevorzugt, jedoch nicht zwingend, für die Aufnahme eines Bildes oder mehrerer Bilder angehalten. Die Bauelementkamera(s) 9 kann/können jedoch auch am Träger 7 befestigt sein. Beispielsweise ist entweder die Bauelementkamera(s) 9 oder der Bondkopf 3 mittels eines ein- und ausklappbaren Schwenkmechanismus am Träger 7 befestigt. Die Bauelementkamera(s) 9 bzw. der Bondkopf 3 wird dann während der Fahrt vom Bauelement-Entnahmeort zum Substratplatz in eine Bildaufnahme-position eingeklappt, so dass während der Fahrt pro Bauelementkamera 9 ein oder mehrere Bilder aufgenommen werden können. Für die Entnahme des Bauelements 1 von der Zuführeinheit 4 und für die Aufnahmen mit der/den Substratkamera(s) 10 und zum Absetzen des Bauelements 1a wird die Bauelementkamera(s) 9 in eine Stand-by Position bzw. der Bondkopf 3 in seine Arbeitsposition ausgeklappt.

[0019] Der Bewegungsbereich des zweiten Antriebssystems 8 ist relativ klein und sogar sehr klein im Vergleich zum Bewegungsbereich des ersten Antriebssystems 6. Das zweite Antriebssystem 8 muss einerseits den Bondkopf 3 aus einer nominalen Arbeitsposition in die Stand-by Position bewegen können, in der die Substratmarkierungen 23 nicht durch den Bondkopf 3 verdeckt sind, und andererseits hochpräzise Korrekturbewegungen des Bondkopfs 3 in zwei verschiedenen horizontalen Richtungen ermöglichen. Für diesen Zweck reicht es aus, wenn der Bewegungsbereich des zweiten Antriebssystems 8 in der einen horizontalen Richtung relativ lang und in der anderen horizontalen Richtung sehr kurz ist. Der Bewegungsbereich in der einen Richtung beträgt typischerweise einige zehn Millimeter, beispielsweise 20 mm oder 30 mm oder noch mehr, der Bewegungsbereich in der anderen Richtung beträgt typischerweise (nur) einige Mikrometer.

[0020] Die nominale Arbeitsposition des Bondkopfs 3 ist eine Position, die nur wenig abweicht von der endgültigen Position, die der Bondkopf 3 im letzten Schritt des Montageprozesses einnimmt. Die Anforderungen an die Genauigkeit, mit der die nominale Arbeitsposition eingenommen wird, sind relativ gering, da jedwede Abweichung von der endgültigen Arbeitsposition im späteren Verlauf des Montageprozesses automatisch kompensiert wird.

[0021] Die Vorrichtung ist eingerichtet, den Träger 7 und/oder den Bondkopf 3 und/oder den Bauelementgreifer 11 so weit abzusenken, dass sich die Unterseite des Bauelements 1a in einer äusserst geringen Höhe von typischerweise nur 50–200 µm über der Substratoberfläche befindet, und erst dann mit der/den Substratkamera(s) 10 ein Bild der Substratmarkierung(en) 23 aufzunehmen. Damit wird erreicht, dass die einzige Bewegung nach der Bestimmung der Ist-Position des Bauelements 1a in Bezug auf seine Soll-Position auf dem Substratplatz und nach der Durchführung der hochpräzisen Korrekturbewegungen nur noch die Absenkbewegung des Trägers 7 und/oder des Bondkopfs 3 und/oder des Bauelementgreifers 11 ist und dass diese Wegstrecke so kurz ist, dass bei dieser Absenkbewegung allenfalls erfolgende Verschiebungen in der u-Richtung und in der v-Richtung im Submikrometerbereich liegen.

[0022] Ab dem Zeitpunkt, an dem der Träger 7 seine Position im Bereich des Substrats 2 erreicht hat, ändert sich die Position der Substratkamera(s) 10 relativ zum Substrat 2 nicht mehr. Ab diesem Zeitpunkt wird nur noch die Position des Bondkopfs 3 verändert, nämlich mittels des zweiten Antriebssystems 8. Die Position der Referenzmarkierung(en) 13 kann deshalb bis zum Absetzen des Bauelements 1a auf dem Substrat 2 überwacht und eine allfällige, während der letzten Phase des Absenkens des Bauelements 1a auftretende erneute Abweichung von seiner Soll-Position korrigiert werden. Die Bauelemente können deshalb mit einer bisher bei weitem nicht erreichten, im Submikrometerbereich liegenden Präzision montiert werden.

[0023] Die Fig. 2 illustriert ein zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemässen Vorrichtung, die weitgehend wie das erste Ausführungsbeispiel ausgebildet ist, jedoch mit dem wesentlichen Unterschied, dass das zweite Antriebssystem 8 ausgebildet ist, den Bondkopf 3 zwischen der nominalen Arbeitsposition und der Stand-by Position hin und her zu bewegen, nicht jedoch für die hochpräzisen Korrekturbewegungen, und dass dafür die Vorrichtung 5 zum Zuführen und Bereitstellen der Substrate 2 ein drittes Antriebssystem 16 aufweist, das hochpräzise Korrekturbewegungen des Substrats 2 in wenigstens zwei verschiedenen horizontalen Richtungen ermöglicht. Das zweite Antriebssystem 8 kann also den Bondkopf 3 nur in einer einzigen parallel zur Oberfläche der Substrate 2 verlaufenden Richtung verschieben. Das zweite Antriebssystem 8 kann jedoch zudem fakultativ ausgebildet sein, den Bondkopf 3 anzuheben und abzusenken, d.h. in der orthogonal zur Oberfläche der Substrate 2 verlaufenden Richtung zu bewegen. Die hochpräzisen Korrekturbewegungen in der parallel zur Oberfläche des Substrats 2 verlaufenden Ebene hingegen werden bei diesem Ausführungsbeispiel durch das dritte Antriebssystem 16 durchgeführt. Das dritte Antriebssystem 16 umfasst einen ersten Antrieb für die Bewegung des Substrats 2 entlang einer ersten, wiederum als u-Richtung bezeichneten Richtung und einen zweiten Antrieb für die Bewegung des Substrats 2 entlang einer zweiten, wiederum als v-Richtung bezeichneten Richtung. Die Richtungen u und v verlaufen in horizontaler Richtung und bevorzugt orthogonal zueinander. Das dritte Antriebssystem 16 kann zudem

fakultativ einen Rotationsantrieb 15 aufweisen, der eine Drehung des Substrats 2 um eine senkrecht zur Oberfläche des Substrats 2 verlaufende Achse ermöglicht, um allfällige Winkelfehler zu eliminieren.

[0024] Mit dieser Vorrichtung lässt sich eine ähnlich hohe Positioniergenauigkeit erreichen, auch wenn während der letzten Phase des Absenkens des Bauelements 1a allenfalls noch nötige und durchgeführte weitere Korrekturbewegungen des Substrats 2 nicht mehr auf korrektes Erreichen überprüft werden können.

[0025] Die Montage eines Bauelements 1 wird nun im Detail erläutert. Das erfindungsgemässe Montageverfahren umfasst die folgenden Schritte A bis O. Die Schritte können teilweise in einer anderen Reihenfolge ausgeführt werden.

- A) mit dem Bauelementgreifer 11 Aufnehmen eines Bauelements 1 von der Zuführeinheit 4.
- B) mit dem ersten Antriebssystem 6 den Träger 7 zu der Bauelementkamera 9 bzw. den Bauelementkameras 9 bewegen, so dass die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen 13 und das Bauelement 1a in dem Blickfeld der Bauelementkamera 9 bzw. in den Blickfeldern der Bauelementkameras 9 sind.

[0026] Bei einer Montagevorrichtung, bei der die Bauelementkamera(s) 9 stationär angeordnet ist/sind, erfolgt der Schritt B durch: mit dem ersten Antriebssystem 6 Bewegen des Trägers 7 zu der Bauelementkamera 9 bzw. den Bauelementkameras 9. Bei einer Montagevorrichtung, bei der die Bauelementkamera(s) 9 an dem Träger 7 befestigt ist/sind, erfolgt der Schritt B durch: Bewegen der Bauelementkamera(s) 9 und des Bondkopfs 3 relativ zueinander in eine Bildaufnahme-Position.

- C) mit der Bauelementkamera 9 bzw. den Bauelementkameras 9 Aufnehmen eines oder mehrerer Bilder.

[0027] Die Bauelemente 1 enthalten Bauelementmarkierungen 22 (Fig. 3) oder anderweitige Strukturen, die als Bauelementmarkierungen benutzt werden können. Die Bauelementmarkierungen 22 dienen dazu, die Lage des Bauelements 1a in Bezug auf die Referenzmarkierung(en) 13 mit der erforderlichen Genauigkeit zu erfassen.

[0028] Bei einer Montagevorrichtung, bei der die Bauelementkamera(s) 9 an dem Träger 7 befestigt ist/sind, erfolgt nach dem Schritt C noch der Schritt: Bewegen der Bauelementkamera(s) 9 und des Bondkopfs 3 relativ zueinander, so dass sich der Bondkopf 3 in seiner normalen Arbeitsposition und gegebenenfalls die Bauelementkamera(s) 9 in einer Stand-by Position befinden.

- D) anhand des im vorhergehenden Schritt aufgenommenen Bildes bzw. der im vorhergehenden Schritt aufgenommenen Bilder Bestimmen eines ersten Korrekturvektors, der eine Abweichung der Ist-Position des Bauelements 1a von seiner auf die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen 13 bezogenen Soll-Position beschreibt.

[0029] Der erste Korrekturvektor umfasst drei Komponenten Δx_1 , Δy_1 und $\Delta \varphi_1$, wobei Δx_1 die Verschiebung eines Referenzpunktes des Bauelements 1a in einer ersten, als x_1 -Richtung bezeichneten Richtung und Δy_1 die Verschiebung des Referenzpunktes des Bauelements 1a in einer zweiten, als y -Richtung bezeichneten Richtung und $\Delta \varphi_1$ die Verdrehung des Bauelements 1a um den Referenzpunkt des Bauelements 1a in Bezug auf die Referenzmarkierung(en) 13 bezeichnen. Die Komponenten Δx_1 und Δy_1 sind gegeben in Pixelkoordinaten der Bauelementkamera(s) 9, die Komponente $\Delta \varphi_1$ ist ein Winkel. Der erste Korrekturvektor ist ein Nullvektor, wenn die Ist-Position des Bauelements 1a bereits seiner Soll-Position entspricht.

- E) aus dem ersten Korrekturvektor Berechnen einer ersten Korrekturbewegung.

[0030] Die erste Korrekturbewegung umfasst drei Korrekturwerte Δu_1 , Δv_1 und $\Delta \theta_1$. Die Korrekturwerte Δu_1 und Δv_1 werden aus den Komponenten Δx_1 , Δy_1 und $\Delta \theta_1$ berechnet. Der Korrekturwert $\Delta \theta_1$ wird aus dem Winkelfehler $\Delta \varphi_1$ berechnet. Die Korrekturwerte Δu_1 , Δv_1 und $\Delta \theta_1$ sind allesamt gegeben in Maschinenkoordinaten der entsprechenden Antriebe. Die Korrekturwerte Δu_1 und Δv_1 geben an, um welche Distanzen das zweite Antriebssystem 8 den Bondkopf 3 (bei der in der Fig. 1 dargestellten Vorrichtung) bzw. das dritte Antriebssystem 16 das Substrat 2 (bei der in der Fig. 2 dargestellten Vorrichtung) in der als u -Richtung bezeichneten Richtung und in der als v -Richtung bezeichneten Richtung bewegen muss, und der Korrekturwert $\Delta \theta_1$ gibt an, um welchen Winkel der am Bondkopf 3 angebrachte Antrieb 14 den Bauelementgreifer 11 oder der Rotationsantrieb 15 das Substrat 2 drehen muss, um die erfasste Abweichung der Ist-Position des Bauelements 1a von seiner auf die Referenzmarkierung(en) 13 bezogenen Soll-Position zu eliminieren.

- F) mit dem ersten Antriebssystem 6 Bewegen des Trägers 7 zu einer Position oberhalb eines Substratplatzes des Substrats 2.

- G) Absenken des Trägers 7 auf eine Höhe über dem Substrat 2, in der sich die Unterseite des vom Bauelementgreifer 11 gehaltenen Bauelements 1a in einer vorbestimmten Distanz D oberhalb des Substratplatzes befindet, wobei die Distanz D so bemessen ist, dass sowohl die Referenzmarkierung(en) 13 als auch die Substratmarkierung(en) 23 im Schärfentiefebereich der Substratkamera(s) 10 liegen.

[0031] Die Distanz D beträgt typischerweise etwa 50–200 Mikrometer, ist jedoch nicht auf diese Werte beschränkt. Die Distanz D ist jedoch so klein, dass beim späteren Absenken des Bauelements 1a auf den Substratplatz in der Regel keine zu einem nennenswerten Positionsfehler führende Verschiebungen des Bauelements 1a in den Richtungen u und v erfolgen.

- H) mit dem zweiten Antriebssystem 8 Bewegen des Bondkopfs 3 in eine Stand-by Position.

[0032] Die Schritte F, G und H können nacheinander oder gleichzeitig, d.h. parallel miteinander, durchgeführt werden. Der Träger 7 und damit auch die am Träger 7 befestigte(n) Substratkamera(s) 10 werden während der folgenden, restlichen Schritte nicht mehr bewegt.

[0033] Der Bondkopf 3 befindet sich während der Schritte A bis G üblicherweise in seiner nominalen Arbeitsposition. In dieser sieht/sehen die Substratkamera(s) 10 die Substratmarkierung(en) 23 nicht, weil der Bondkopf 3 diese verdeckt. Die Lage der Stand-by Position ist so gewählt, dass der Bondkopf 3 die Substratmarkierung(en) 23 nicht verdeckt.

- I) mit der/den Substratkamera(s) 10 Aufnehmen eines ersten Bildes, wobei das Blickfeld der Substratkamera 10 bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras 10 wenigstens eine auf dem Substrat 2 angeordnete Substratmarkierung 23 enthält.
- J) mit dem zweiten Antriebssystem 8 Bewegen des Bondkopfs 3 in die nominale Arbeitsposition, in der das Blickfeld der Substratkamera 10 bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras 10 wenigstens eine Referenzmarkierung 13 enthält.
- K) mit der/den Substratkamera(s) 10 Aufnehmen eines zweiten Bildes.
- L) anhand des ersten und zweiten Bildes bzw. der ersten und zweiten Bilder, die mit der/den Substratkamera(s) 10 aufgenommen wurden, Bestimmen eines zweiten Korrekturvektors, der eine Abweichung der Ist-Position des Substratplatzes von seiner auf die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen 13 bezogenen Soll-Position beschreibt.

[0034] Der zweite Korrekturvektor umfasst drei Komponenten Δx_2 , Δy_2 und $\Delta \varphi_2$, wobei Δx_2 die Verschiebung der Referenzmarkierung(en) 13 in einer ersten, als x_2 -Richtung bezeichneten Richtung und Δy_2 die Verschiebung der Referenzmarkierung(en) 13 in einer zweiten, als y_2 -Richtung bezeichneten Richtung und $\Delta \varphi_2$ die Verdrehung der Referenzmarkierung(en) 13 in Bezug auf den Substratplatz bezeichnen. Die Komponenten Δx_2 und Δy_2 sind gegeben in Pixelkoordinaten der Substratkamera(s) 10, die Komponente $\Delta \varphi_2$ ist ein Winkel.

- M) aus dem zweiten Korrekturvektor Berechnen einer zweiten Korrekturbewegung.

[0035] Die zweite Korrekturbewegung umfasst drei Korrekturwerte Δu_2 , Δv_2 und $\Delta \theta_2$. Die Korrekturwerte Δu_2 und Δv_2 werden aus den Komponenten Δx_2 , Δy_2 und $\Delta \varphi_2$ berechnet. Der Korrekturwert $\Delta \theta_2$ wird aus der Winkelfehler $\Delta \varphi_2$ berechnet. Die Korrekturwerte Δu_2 , Δv_2 und $\Delta \theta_2$ sind allesamt gegeben in Maschinenkoordinaten der entsprechenden Antriebe. Die Korrekturwerte Δu_2 und Δv_2 geben an, um welche Distanzen das zweite Antriebssystem 8 den Bondkopf 3 (bei der in der Fig. 1 dargestellten Vorrichtung) bzw. das dritte Antriebssystem 16 das Substrat 2 (bei der in der Fig. 2 dargestellten Vorrichtung) in der als u-Richtung bezeichneten Richtung und in der als v-Richtung bezeichneten Richtung bewegen muss, und der Korrekturwert $\Delta \theta_2$ gibt an, um welchen Winkel der am Bondkopf 3 angebrachte Antrieb 14 den Bauelementgreifer 11 oder der Rotationsantrieb 15 das Substrat 2 drehen muss, um die erfasste Abweichung der Referenzmarkierung(en) 13 des Bondkopfs 3 von ihrer auf die Substratmarkierungen 23 des Substrats 2 bezogenen Soll-Position zu eliminieren.

- N) Ausführen der ersten und der zweiten Korrekturbewegung.

[0036] Die Verschiebungen um die Korrekturwerte Δu_1 , Δv_1 , Δu_2 und Δv_2 werden bei der Vorrichtung gemäß Fig. 1 durch das zweite Antriebssystem 8 und bei der Vorrichtung gemäß Fig. 2 durch das dritte Antriebssystem 16 ausgeführt. Die Drehung um die Korrekturwerte $\Delta \theta_1$ und $\Delta \theta_2$ wird durch den Antrieb 14 oder den Rotationsantrieb 15 durchgeführt.

- O) Absenken des Trägers 7 und/oder des Bondkopfs 3 und/oder des Bauelementgreifers 11 und Platzieren des Bauelements 1a auf dem Substratplatz.

[0037] Wenn das Montageverfahren mit einer Vorrichtung gemäss Fig. 1 durchgeführt wird, kann das Verfahren fakultativ auch die Schritte P bis T umfassen, die nach dem Schritt N einmal oder mehrmals durchgeführt werden:

- P) Aufnehmen eines Bildes mit der Substratkamera 10 bzw. den Substratkameras 10.
Q) anhand des Bildes der Substratkamera 10 bzw. der Bilder der Substratkameras 10 Bestimmen der Ist-Position(en) der Referenzmarkierung(en) 13.
R) mit dem ersten Korrekturvektor Berechnen einer/von korrigierten Ist-Position(en) der Referenzmarkierung 13 bzw. der Referenzmarkierungen 13.

[0038] Die im Schritt E berechnete und im Schritt N ausgeführte erste Korrekturbewegung für den Bondkopf 3 und den Bauelementgreifer 11 verschiebt auch die Lage der Referenzmarkierung(en) 13. Diese Verschiebung der Referenzmarkierung(en) 13 wird im Schritt R herausgerechnet, da die erste Korrekturbewegung nichts mit der Ausrichtung in Bezug auf den Substratplatz zu tun hat.

- S) Bestimmen eines weiteren Korrekturvektors, der die Abweichung der korrigierten Ist-Position(en) der Referenzmarkierung(en) 13 von ihrer auf die Substratmarkierung(en) 23 bezogenen Soll-Position beschreibt.
T) aus dem weiteren Korrekturvektor Berechnen einer weiteren Korrekturbewegung für den Bondkopf 3 und den Bauelementgreifer 11.

[0039] Die weitere Korrekturbewegung für den Bondkopf 3 und den Bauelementgreifer 11 umfasst Komponenten Δu_w , Δv_w , die in Maschinenkoordinaten des zweiten Antriebssystems 8 gegeben sind, und eine Komponente $\Delta \theta_w$, die eine Winkeländerung in Maschinenkoordinaten des Antriebs 14 oder des Rotationsantriebs 15 ist.

- U) mit dem zweiten Antriebssystem 8 Ausführen der weiteren Korrekturbewegung für den Bondkopf 3 und mit dem Antrieb 14 oder dem Rotationsantrieb 15 Ausführen der weiteren Korrekturbewegung für den Bauelementgreifer 11.

bis jede Komponente des weiteren Korrekturvektors kleiner als ein der Komponente zugeordneter Grenzwert ist.

[0040] Die fakultativen Schritte P bis U dienen dazu, zu überprüfen, ob der Bondkopf 3 nach dem Ausführen der Korrekturbewegungen im Schritt N tatsächlich eine innerhalb der geforderten Genauigkeit liegende Position erreicht hat, und falls dies nicht der Fall ist, iterativ weitere Korrekturschritte durchzuführen, bis dies der Fall ist. Dabei muss die erfasste Abweichung für jede Komponente innerhalb der geforderten Genauigkeit liegen.

[0041] Der Schritt O des erfindungsgemässen Verfahrens kann – insbesondere bei einer Vorrichtung gemäss Fig. 1 – mit einer Überwachung ergänzt werden, bei der die Position der Referenzmarkierung(en) 13 mittels der Substratkamera(s) 10 während des Absenkens des Trägers 7 oder des Bondkopfs 3 oder des Bauelementgreifers 11 laufend erfasst und mittels des zweiten Antriebssystems 8 und des Antriebs 14 oder des Rotationsantriebs 15 stabilisiert wird, um eine Veränderung der Position der Referenzmarkierung(en) 13 und damit des Bauelements 1a zu vermeiden. Der Schritt O kann also ersetzt werden durch den folgenden Schritt O1:

- O1) Absenken des Trägers 7 und/oder des Bondkopfs 3 und/oder des Bauelementgreifers 11 und Platzieren des Bauelements 1a auf dem Substratplatz, wobei die Position der Referenzmarkierung(en) 13 mittels der Substratkamera 10 bzw. den Substratkameras 10 während des Absenkens laufend erfasst und mittels des zweiten Antriebssystems 8 und, fakultativ, auch mittels des Antriebs 14 oder des Rotationsantriebs 15 stabilisiert wird.

[0042] Die Substratkamera bzw. Substratkameras 10 (einschliesslich der Bildauswertung) und das zweite Antriebssystem 8, gegebenenfalls zusammen mit dem Antrieb 14 oder dem Rotationsantrieb 15, bilden also eine geregelte Bewegungsachse.

[0043] Die Fig. 3 bis 5 zeigen Momentaufnahmen während des erfindungsgemässen Montageverfahrens. Die Illustration erfolgt anhand einer Montagevorrichtung, die eine einzige Bauelementkamera 9 und zwei Substratkameras 10 aufweist, wobei die beiden Substratkameras 10 wie erwähnt am Träger 7 befestigt sind.

[0044] Die Fig. 3 zeigt einen Ausschnitt der Montagevorrichtung nach dem Schritt B. Die Fig. 4 zeigt einen Ausschnitt der Montagevorrichtung während des Schrittes I, wenn sich der Bondkopf 3 in der Stand-by Position befindet, und die beiden Substratkameras 10 das erste Bild aufnehmen. Die Fig. 5 zeigt einen Ausschnitt der Montagevorrichtung etwas später

während des Schrittes K, wenn sich der Bondkopf 3 in einer Position befindet, in der jedes der Blickfelder der beiden Substratkameras 10 wenigstens eine Referenzmarkierung 13 enthält. Die Position der Substratkameras 10 relativ zum Substrat 2 hat sich bei der Fahrt des Bondkopfs 3 von dem in der Fig. 4 gezeigten Zustand in den in der Fig. 5 gezeigten Zustand nicht verändert. Die Fig. 3 und 5 illustrieren auch den Strahlengang 20 von den Referenzmarkierungen 13 zu den Bildsensoren 17 der Substratkameras 10, während die Fig. 4 den Strahlengang 21 von den Substratmarkierungen 23 zu den Bildsensoren 17 der Substratkameras 10 illustriert.

[0045] Die Platzierung der Substratmarkierungen 23 auf den Substraten 2 ist den Anwendern der erfindungsgemässen Montagevorrichtung überlassen. Ein Montageautomat mit einer einzigen Substratkamera 10 erfordert eine andere gegenseitige Anordnung der Referenzmarkierung(en) 13 am Bondkopf 3 bzw. am Bauelementgreifer 11 und der Substratmarkierungen 23 auf dem Substrat 2. Da die Bauelemente 1 meistens rechteckförmig sind, sind die Bauelementmarkierungen 22, die Referenzmarkierung(en) 13 und die Substratmarkierungen 23 oftmals in zwei einander diagonal gegenüberliegenden Ecken des Rechtecks oder in zwei benachbarten Ecken des Rechtecks angeordnet, da so die höchste Genauigkeit erzielbar ist.

[0046] Bei dem in den Fig. 3 und 4 dargestellten Ausführungsbeispiel erfolgt die Bewegung des Bondkopfs 3 von seiner nominalen Arbeitsposition in die Stand-by Position in einer in der Zeichenebene liegenden Richtung. Sie kann aber auch in einer zur Zeichenebene senkrecht liegenden Richtung erfolgen.

[0047] Der Begriff «Bauelementkamera» ist funktional zu verstehen, d.h. ein optisches Umlenkssystem kann zusammen mit der Substratkamera eine Bauelementkamera bilden, wie dies in der veröffentlichten und durch Bezug in diese Anmeldung aufgenommenen Patentanmeldung CH 711 570 A1 beschrieben ist. In einem solchen Fall bilden eine (einzige) Kamera und ein erstes optisches Umlenkssystem zusammen ein erstes Bilderfassungssystem, das es ermöglicht, ein Bild des Substratplatzes aufzunehmen, auf dem das Bauelement zu montieren ist, und die Kamera, das erste optische Umlenkssystem und ein zweites optisches Umlenkssystem bilden zusammen ein zweites Bilderfassungssystem, das es ermöglicht, ein Bild der Unterseite des vom Bondkopf gehaltenen Bauelements aufzunehmen. Das erste Bilderfassungssystem entspricht also der Substratkamera und das zweite Bilderfassungssystem entspricht der Bauelementkamera. Das erste optische Umlenkssystem kann unter Umständen auch entfallen.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Montieren von Bauelementen (1; 1a) auf einem Substrat (2), umfassend einen Bondkopf (3) mit einem Bauelementgreifer (11), wenigstens eine Referenzmarkierung (13), die am Bondkopf (3) oder am Bauelementgreifer (11) angebracht ist, eine Zuführeinheit (4) zum Bereitstellen eines Bauelements (1), eine Vorrichtung (5) zum Bereitstellen eines Substrats (2), ein erstes Antriebssystem (6) zum Bewegen eines Trägers (7), ein zweites Antriebssystem (8), das an dem Träger (7) befestigt ist, zum Bewegen des Bondkopfs (3) in einer oder mehreren verschiedenen Richtungen, einen am Bondkopf (3) befestigten Antrieb (14) zum Drehen des Bauelementgreifers (11) um eine Achse (12) oder einen Rotationsantrieb (15) zum Drehen des Substrats (2) um eine Achse, wenigstens eine Substratkamera (10), und wenigstens eine Bauelementkamera (9) oder wenigstens ein optisches Umlenkssystem, das zusammen mit der wenigstens einen Substratkamera (10) wenigstens eine Bauelementkamera bildet, wobei die Substratkamera (10) bzw. die Substratkameras (10) an dem Träger (7) befestigt ist/sind, der Träger (7) und/oder der Bondkopf (3) und/oder der Bauelementgreifer (11) heb- und senkbar ist, der Träger (7) mittels des ersten Antriebssystems (6) zu der Zuführeinheit (4) bewegbar ist, entweder der Träger (7) mittels des ersten Antriebssystems (6) zu der/den Bauelementkamera(s) (9) bewegbar ist oder die Bauelementkamera(s) (9) am Träger (7) befestigt und relativ zum Bondkopf (3) schwenkbar ist/sind, so dass die Referenzmarkierung(en) (13) und ein von dem Bauelementgreifer (11) gehaltenes Bauelement (1a) in dem Blickfeld der Bauelementkamera (9) bzw. den Blickfeldern der Bauelementkameras (9) sind, so dass die Ist-Position des Bauelements (1a) in Bezug auf die Referenzmarkierung(en) (13) erfassbar ist, der Träger (7) mittels des ersten Antriebssystems (6) über einen Substratplatz des Substrats (2) bewegbar und der Bondkopf (3) mittels des zweiten Antriebssystems (8) in eine Stand-by Position bewegbar ist, in der das Blickfeld der Substratkamera (10) bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras (10) wenigstens eine auf dem Substrat (2) angeordnete Substratmarkierung (23) enthält, und der Bondkopf (3) mittels des zweiten Antriebssystems (8) in eine nominale Arbeitsposition bewegbar, in der das Blickfeld der Substratkamera (10) die Referenzmarkierung (13) bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras (10) wenigstens eine Referenzmarkierung (13) enthält, und wobei der Träger (7) und/oder der Bondkopf (3) und/oder der Bauelementgreifer (11) soweit absenkbar ist, dass sowohl die Referenzmarkierung(en) (13) als auch die wenigstens eine Substratmarkierung (23) im Schärfentiefebereich der Substratkamera(s) (10) sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das zweite Antriebssystem (8) ausgebildet ist, den Bondkopf (3) einerseits zwischen der nominalen Arbeitsposition und der Stand-by Position hin und her zu bewegen und andererseits Korrekturbewegungen des Bondkopfs (3) zu ermöglichen.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, bei der die Substratkamera bzw. Substratkameras (10) und das zweite Antriebssystem (8) und der Antrieb (14) oder der Rotationsantrieb (15) eine geregelte Bewegungsachse bilden.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1, bei der das zweite Antriebssystem (8) ausgebildet ist, den Bondkopf (3) zwischen der nominalen Arbeitsposition und der Stand-by Position hin und her zu bewegen, und die ein drittes Antriebssystem (16) aufweist, das Korrekturbewegungen des Substrats (2) ermöglicht.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei der die Bauelementkamera (9) bzw. die Bauelementkameras (9) an dem Träger (7) befestigt und relativ zum Bondkopf (3) bewegbar ist/sind.
6. Verfahren zum Montieren von Bauelementen (1; 1a) auf einem Substrat (2) mittels einer Montageeinrichtung, die ein erstes Antriebssystem (6) für einen Träger (7) und ein zweites Antriebssystem (8) für einen Bondkopf (3) mit einem Bauelementgreifer (11), wenigstens eine Substratkamera (10) wenigstens eine Bauelementkamera (9) oder wenigstens ein optisches Umlenksystem, das zusammen mit der wenigstens einen Substratkamera (10) die wenigstens eine Bauelementkamera bildet, und einen am Bondkopf (3) befestigten Antrieb (14) zum Drehen des Bauelementgreifers (11) um eine Achse (12) oder einen Rotationsantrieb (15) zum Drehen des Substrats (2) um eine Achse enthält, wobei das zweite Antriebssystem (8) und die Substratkamera(s) (10) am Träger (7) befestigt sind und der Bondkopf (3) oder der Bauelementgreifer (11) wenigstens eine Referenzmarkierung (13) enthält, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst:
 - A) mit dem Bauelementgreifer (11) Aufnehmen eines Bauelements (1) von der Zuführeinheit (4),
 - B) mit dem ersten Antriebssystem (6) den Träger (7) zu der Bauelementkamera (9) bzw. den Bauelementkameras (9) bewegen, so dass die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen (13) und das Bauelement (1a) in dem Blickfeld der Bauelementkamera (9) bzw. in den Blickfeldern der Bauelementkameras (9) sind,
 - C) mit der Bauelementkamera (9) bzw. den Bauelementkameras (9) Aufnehmen eines Bildes oder mehrerer Bilder,
 - D) anhand des im vorhergehenden Schritt aufgenommenen Bildes bzw. der im vorhergehenden Schritt aufgenommenen Bilder Bestimmen eines ersten Korrekturvektors, der eine Abweichung der Ist-Position des Bauelements (1a) von seiner auf die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen (13) bezogenen Soll-Position beschreibt,
 - E) aus dem ersten Korrekturvektor Berechnen einer ersten Korrekturbewegung,
 - F) mit dem ersten Antriebssystem (6) Bewegen des Trägers (7) zu einer Position oberhalb eines Substratplatzes des Substrats (2),
 - G) Absenken des Trägers (7) auf eine Höhe über dem Substrat (2), in der sich eine Unterseite des vom Bauelementgreifer (11) gehaltenen Bauelements (1a) in einer vorbestimmten Distanz D oberhalb des Substratplatzes befindet, wobei die Distanz D so bemessen ist, dass sowohl die Referenzmarkierung(en) (13) als auch wenigstens eine auf dem Substrat (2) angeordnete Substratmarkierung (23) im Schärfentiefebereich der Substratkamera(s) (10) liegen,
 - H) mit dem zweiten Antriebssystem (8) Bewegen des Bondkopfs (3) in eine Stand-by Position,
 - I) mit der/den Substratkamera(s) (10) Aufnehmen eines ersten Bildes, wobei das Blickfeld der Substratkamera (10) bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras (10) wenigstens eine auf dem Substrat (2) angeordnete Substratmarkierung (23) enthält,
 - J) mit dem zweiten Antriebssystem (8) Bewegen des Bondkopfs (3) in eine nominale Arbeitsposition, in der das Blickfeld der Substratkamera (10) bzw. jedes der Blickfelder der Substratkameras (10) wenigstens eine Referenzmarkierung (13) enthält,
 - K) mit der/den Substratkamera(s) (10) Aufnehmen eines zweiten Bildes,
 - L) anhand des ersten und zweiten Bildes bzw. der ersten und zweiten Bilder, die mit der/den Substratkamera(s) (10) aufgenommen wurden, Bestimmen eines zweiten Korrekturvektors, der eine Abweichung der Ist-Position des Substratplatzes von seiner auf die Referenzmarkierung bzw. die Referenzmarkierungen (13) bezogenen Soll-Position beschreibt,
 - M) aus dem zweiten Korrekturvektor Berechnen einer zweiten Korrekturbewegung,
 - N) Ausführen der ersten und der zweiten Korrekturbewegung mittels des zweiten Antriebssystems oder eines dritten Antriebssystems (16), das Korrekturbewegungen des Substrats (2) ermöglicht, und mittels des Antriebs (14) zum Drehen des Bauelementgreifers (11) oder des Rotationsantriebs (15) zum Drehen des Substrats (2), und
 - O) Absenken des Trägers (7) und/oder des Bondkopfs (3) und/oder des Bauelementgreifers (11) und Platzieren des Bauelements (1a) auf dem Substratplatz.
7. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem nach dem Schritt N einmal oder mehrmals folgende Schritte durchgeführt werden:
 - P) Aufnehmen eines Bildes mit der Substratkamera (10) bzw. den Substratkameras (10),
 - Q) anhand des Bildes der Substratkamera (10) bzw. der Bilder der Substratkameras (10) Bestimmen der Ist-Position(en) der Referenzmarkierung(en) (13),
 - R) mit dem ersten Korrekturvektor Berechnen einer korrigierten Ist-Position der Referenzmarkierung bzw. der Referenzmarkierungen (13),
 - S) Bestimmen eines weiteren Korrekturvektors, der eine Abweichung der korrigierten Ist-Position der Referenzmarkierung bzw. der Referenzmarkierungen (13) von ihren auf die Substratmarkierung bzw. Substratmarkierungen (23) bezogenen Soll-Position beschreibt,

T) aus dem weiteren Korrekturvektor Berechnen einer weiteren Korrekturbewegung für den Bondkopf (3) und den Bauelementgreifer (11), und

U) mit dem zweiten Antriebssystem (8) Ausführen der weiteren Korrekturbewegung für den Bondkopf (3) und mit einem am Bondkopf (3) angebrachten Antrieb (14) für die Drehung des Bauelementgreifers (11) um eine Achse (12) oder einem Rotationsantrieb (15) für die Drehung des Substrats (2) um eine Achse Ausführen der weiteren Korrekturbewegung für den Bauelementgreifer (11),

bis jede Komponente des weiteren Korrekturvektors kleiner als ein der Komponente zugeordneter Grenzwert ist.

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem im Schritt O während des Absenkens die Position der Referenzmarkierung(en) (13) mittels der Substratkamera bzw. den Substratkameras (10) laufend erfasst und mittels des zweiten Antriebssystems (8) stabilisiert wird.
9. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem im Schritt O während des Absenkens die Position der Referenzmarkierung(en) (13) mittels der Substratkamera bzw. den Substratkameras (10) laufend erfasst und mittels des zweiten Antriebssystems (8) und eines am Bondkopf (3) angebrachten Antriebs (14) für die Drehung des Bauelementgreifers (11) um eine Achse (12) oder eines Rotationsantriebs (15) für die Drehung des Substrats (2) um eine Achse stabilisiert wird.

Fig. 1

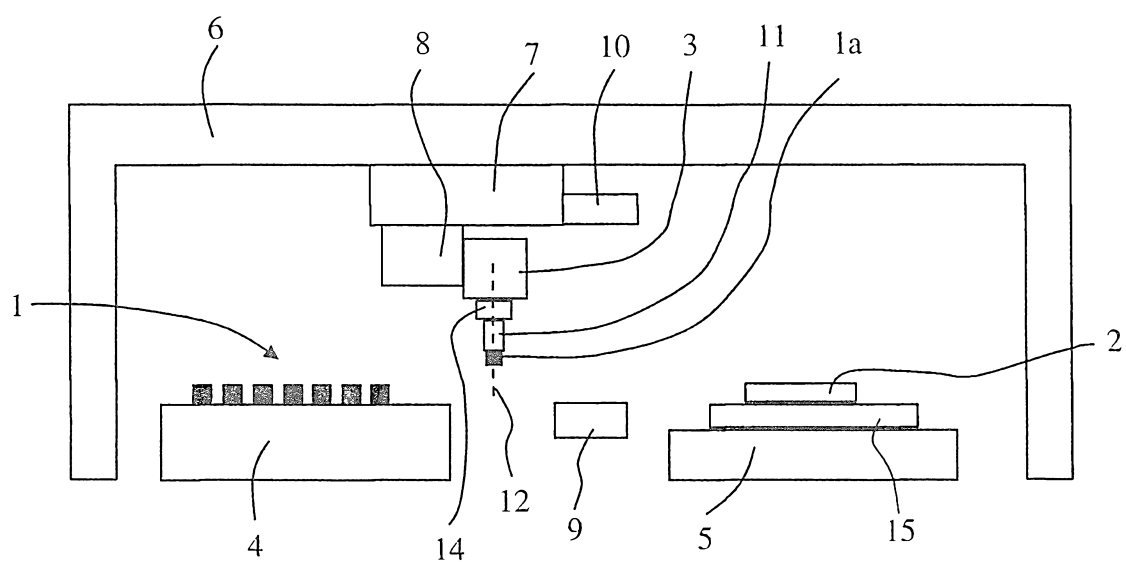


Fig. 2

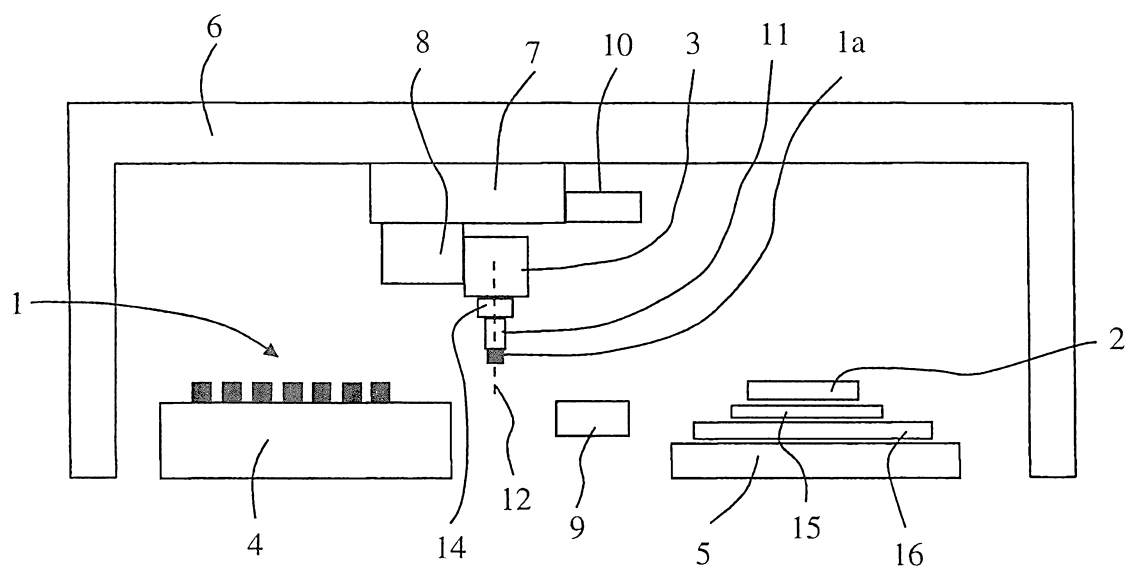


Fig. 3

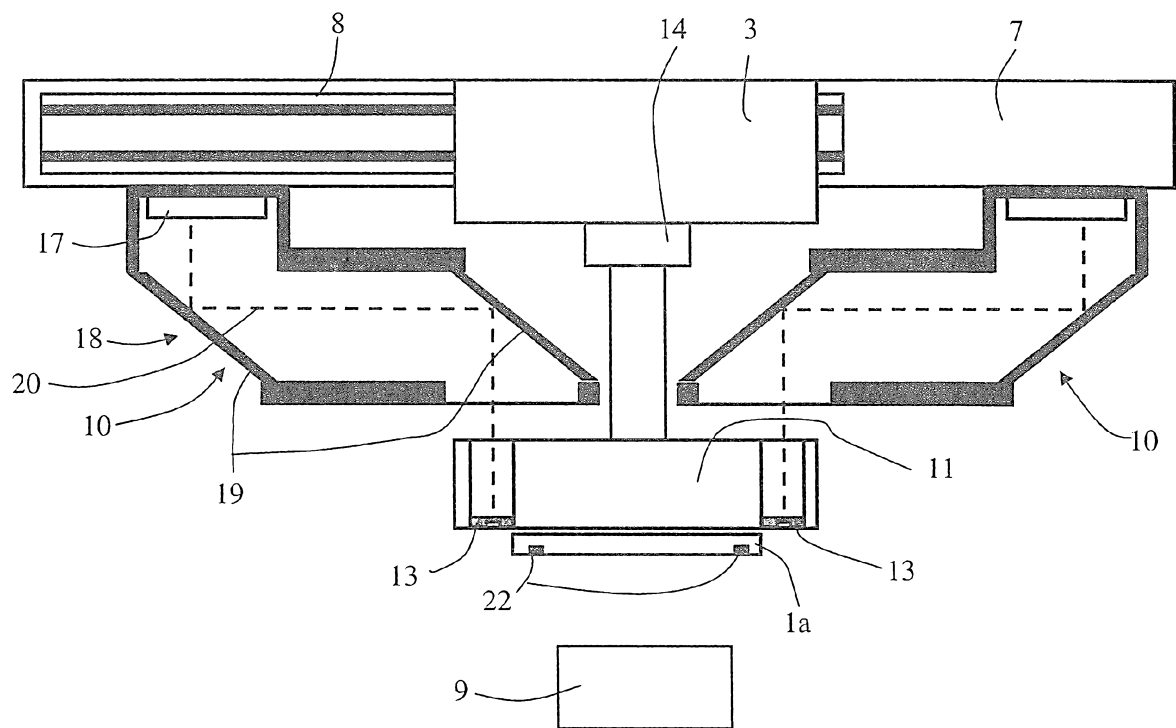


Fig. 4

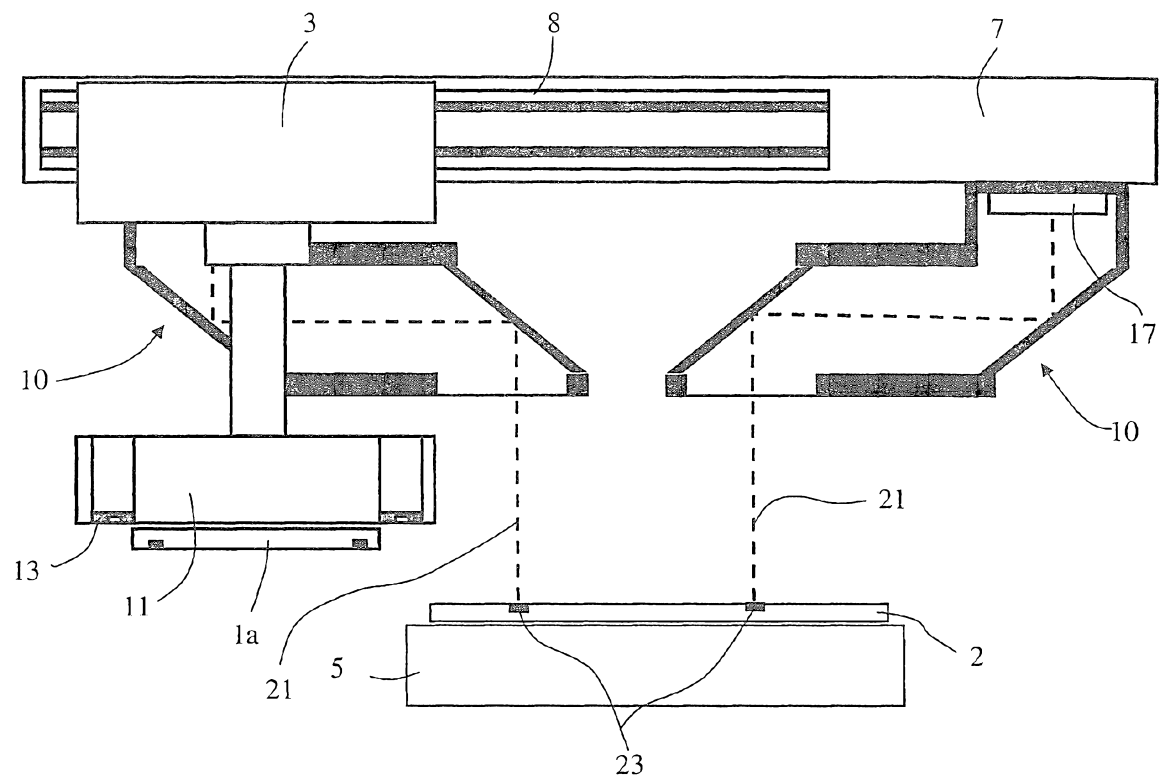


Fig. 5

