



(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2018 132 001.9

(51) Int Cl.: **B23Q 7/08 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 12.12.2018

B23Q 17/00 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 18.06.2020

B23Q 41/02 (2006.01)

B23Q 5/54 (2006.01)

G03F 7/20 (2006.01)

H01L 21/677 (2006.01)

H05K 13/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Laser Imaging Systems GmbH, 07745 Jena, DE

(72) Erfinder:

Rücker, Steffen, 07751 Großlobichau, DE;
Klowsky, Uwe, 07751 Jena, DE

(74) Vertreter:

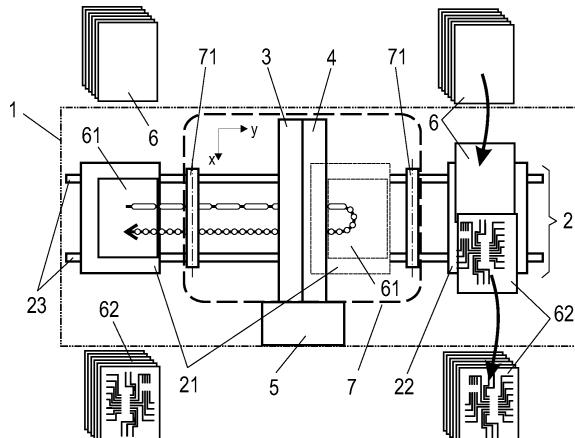
OEHMKE & KOLLEGEN Patentanwälte, 07743
Jena, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:
siehe Folgeseiten

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

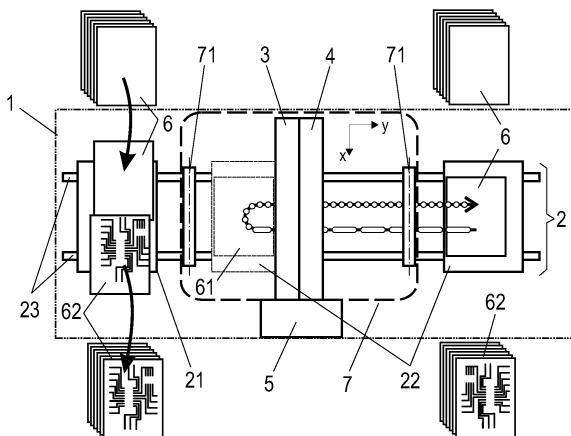
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zum Belichten von plattenförmigen Werkstücken mit hohem Durchsatz**



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken (6) mit hohem Werkstückdurchsatz.

Die Aufgabe, eine neue Möglichkeit zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken (6) bereitzustellen, bei der mit nur einer Bearbeitungseinheit (4) ein besonders hoher Durchsatz und eine verbesserte Genauigkeit erreichbar ist, wird ernungsgemäß gelöst, indem ein bewegliches Tischsystem (2) zwei gleichartige Tische (21, 22) auf einer gemeinsamen Schienenanordnung (23) mit einem linearen Schienenzonenbereich unterhalb von einer Registriereinheit (3) und einer Bearbeitungseinheit (4) aufweist, sodass die Tische (21, 22) abwechselnd geradlinig entlang einer Tischbewegungsrichtung vollständig unter Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) hindurch fahrbar und durch die Rechnereinheit (5) unabhängig voneinander steuerbar sind.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	6 806 945	B2
US	7 508 515	B2
US	2009 / 0 208 885	A1
US	2009 / 0 251 679	A1
EP	0 722 123	B1
EP	0 951 054	A1
WO	2003/ 094 582	A2
JP	2009- 92 723	A
JP	2010- 181 519	A

HiperLAM: LIFT Technology - Laser Induced Forward Transfer. [2016]. S. 1-3. URL: <https://www.hiperlam.eu/technologies> [abgerufen am 24.06.2019]

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken mit hohem Werkstückdurchsatz, insbesondere für die Erhöhung des Durchsatzes bei der Direktbelichtung von photosensitiven Beschichtungen auf Leiterplatten oder Wafern für das nachfolgende Ätzen von Leiterbahnen oder elektronischen Schaltkreisen.

[0002] Für die Herstellung von Leiterplatten und Wafern werden zunehmend Direktbelichtungsanlagen verwendet. Die Fertigungsprozesse sind dabei hochgradig automatisiert. Ein wesentlicher Produktionsparameter für Direktbelichtungsanlagen ist der erzielbare Durchsatz. Je kürzer die maschineninhärente Taktzeit ist, desto effizienter kann das System eingesetzt werden.

Im Allgemeinen ergibt sich die maschineninhärente Taktzeit aus der Summe von Handhabungszeit, Belichtungszeit und Nebenzeiten. Die Nebenzeiten umfasst Prozesse, wie Werkstücktransport auf Bearbeitungstischen, Zielmarken-Registrierung, Werkstückausrichtung (Alignment) und Maschineneinstellungen (Adjustment).

Der eigentliche Bearbeitungsprozess ist beispielsweise bei Direktbelichtungsanlagen die Belichtung des Werkstücks, wie z.B. eines resistbeschichteten Substrats, wobei die Belichtungszeit im Wesentlichen fest vorgegeben ist durch die Materialeigenschaften, wie z.B. Resistempfindlichkeit, und die verfügbare Belichtungsenergie. So können zur Steigerung des Werkstoffdurchsatzes nur Handhabungszeiten und Nebenzeiten reduziert werden.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Belichtungssysteme für scheiben- oder plattenförmige Werkstücke bekannt, die ein Werkstück durch elektromagnetische Strahlung, vorwiegend im sichtbaren oder ultravioletten Spektralbereich, mit einem Laserstrahl oder auch mit einem Elektronen- oder Partikelstahl mit einem vorbestimmten Muster belichten können. Dabei läuft die Belichtung erst ab, nachdem die richtige Lagebeziehung zwischen dem Werkstück mit darauf befindlichen Markierungen (Zielmarken oder Targets) und einem in der Belichtungsvorrichtung hinterlegten vorbestimmten Muster hergestellt ist. Dazu werden die auf dem Werkstück befindlichen Zielmarken durch eine Kamera erfasst und eine Ausrichtung von Werkstück und Belichtungsmuster zueinander vor oder im Belichtungsbereich vorgenommen.

[0004] Für das Herstellen von Leiterbahnen oder kleinster elektronischer Strukturen auf plattenförmigen Werkstücken, wie Leiterplatten oder Wafers, sind die mit hoher räumlicher Präzision auszuführenden Belichtungsprozesse und die dafür erforderlichen Handhabungs- und Ausrichtungszeiten der plattenförmigen Werkstücke die begrenzenden Faktoren für die Steigerung des Durchsatzes an Werkstücken. Deshalb wird angestrebt, die Handhabungs- und Belichtungsschritte überlappend oder zeitgleich auszuführen und bei gewünschter Belichtung von Vorder- und Rückseite in derselben Vorrichtung durch Umdrehen des Werkstücks die Nebenzeiten des Belichtungsvorgangs zu verkürzen. Solche Lösungen sind beispielsweise in den Schriften EP 0 951 054 A1, EP 0 722 123 B1, US 6 806 945 B2 und JP 2010-181519 A offenbart.

Nachteilig an diesen Systemen ist, dass entweder zwei Belichtungseinrichtungen mit einer dazwischen befindlichen Wendeeinrichtung oder zwei Belichtungseinrichtungen für gleichzeitige Belichtung von Ober- und Unterseite vorhanden sein müssen.

Eine Lösung mit einer einzigen Lichtquelle für eine gleichzeitige beidseitige Belichtung ist aus der JP 2009-092723 A bekannt, bei der über einen Strahleiter zwei Strahlwege erzeugt und über Spiegelkollimatoren parallele gegensinnige Strahlenbündel durch jeweils eine Photomaske hindurch zur Belichtung beider Seiten eines Substrats benutzt werden, wobei jedoch quasi eine Kontaktbelichtung erforderlich ist und die dafür benötigten Masken extrem teuer sind, weil sie bei erforderlichen Änderungen des Belichtungsmusters kaum anpassbar sind.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine neue Möglichkeit zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken bereitzustellen, bei der mit nur einer Bearbeitungseinheit ein besonders hoher Durchsatz und eine verbesserte Genauigkeit erreicht wird. Als eine erweiterte Aufgabe soll eine beidseitige Bearbeitung des Werkstücks mit derselben Bearbeitungseinheit möglich sein, ohne dass eine Zwischenlagerung erforderlich ist, und eine Verringerung der erforderlichen Grundfläche der gesamten Bearbeitungsmaschine gegenüber Maschinen mit gleichem Durchsatz erreicht werden.

[0006] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe bei einer Vorrichtung zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken, die ein bewegliches Tischsystem zur Aufnahme eines plattenförmigen Werkstücks und über dem beweglichen Tischsystem eine Registriereinheit zum Erfassen von Zielmarken sowie eine Bearbeitungseinheit mit einem steuerbaren Bearbeitungspfad zur Bearbeitung des Werkstücks aufweist und eine Rechnereinheit zur Steuerung der Ausrichtung zwischen Bearbeitungseinheit und Werkstück und örtlicher Differenzierung einer vorgegebenen Bearbeitung in Abhängigkeit von einer aufgrund der registrierten Zielmarken ermittelten

Lage des Werkstücks enthält, dadurch gelöst, dass das bewegliche Tischsystem zwei gleichartige Tische auf einer gemeinsamen Schienenanordnung mit einem linearen Schienenbereich unterhalb von Registriereinheit und Bearbeitungseinheit aufweist, sodass die Tische abwechselnd geradlinig entlang einer Tischbewegungsrichtung vollständig unter Registriereinheit und Bearbeitungseinheit hindurch fahrbar und durch die Rechnereinheit unabhängig voneinander steuerbar sind.

[0007] Vorteilhaft ist die Rechnereinheit mit Mitteln zur unabhängigen Steuerung der beiden Tische bezüglich Richtungssinn, Geschwindigkeit der Tischbewegung sowie abwechselnder Ein- und Ausfahrt der Tische zwecks Be- und Entladung von plattenförmigen Werkstücken ausgestattet, um plattenförmige Werkstücke von zwei gegenüberliegenden Seiten der Schienenanordnung der Registrierung der Zielmarken bei der Einfahrbewegung und der zeilenweisen Bearbeitung bei der Ausfahrbewegung in Abhängigkeit von der ermittelten Position der Zielmarken sowie einer Be- und Entladung des jeweils vollständig aus einem Bearbeitungsgehäuse ausgefahrenen Tisches zuzuführen.

Die Registriereinheit hat zweckmäßig eine lineare Ausrichtung quer zur Tischbewegungsrichtung und weist wenigstens zwei Sensorbereiche auf, um Positionsmarken mindestens in lateralen Kantenbereichen der Tische oder darauf befindlicher plattenförmiger Werkstücke bei Durchfahrt eines der Tische unter der Registriereinheit räumlich zu erfassen.

Zweckmäßig ist die Bearbeitungseinheit parallel zur Registriereinheit angeordnet und weist einen steuerbaren Bearbeitungspfad quer zur Tischbewegungsrichtung auf, um zeilenweise eine Bearbeitung des plattenförmigen Werkstücks durchführen zu können.

[0008] Die Registriereinheit ist vorteilhaft mit Kameras zur Detektion von Positionen der Zielmarken des plattenförmigen Werkstücks ausgestattet, wodurch mittels der Rechnereinheit und Voreinstellungen der Werkstückgröße die Lage des Werkstücks erkennbar und ein Signal zur Beendigung der Einfahrbewegung und Einleitung der Ausfahrbewegung eines der Tische zur Durchführung der vorgegebenen Bearbeitung erzeugbar ist.

[0009] Zweckmäßig weist die Rechnereinheit eine Verzögerungseinrichtung für eine Richtungsumkehr der Einfahr- zur Ausfahrbewegung der Tische auf, mit der die Richtungsumkehr in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Registriereinheit und Bearbeitungseinheit erst auslösbar ist, wenn eine hintere Kante des plattenförmigen Werkstücks den Bearbeitungspfad der Bearbeitungseinheit oder den Detektionsbereich der Registriereinheit überschritten hat, je nachdem, welcher von beiden zuletzt durchfahren wurde.

Es erweist sich als vorteilhaft, wenn die Rechnereinheit unterschiedliche Geschwindigkeitsregimes bei der Einfahr- zur Ausfahrbewegung der Tische enthält, die an eine Abtastgeschwindigkeit der Registriereinheit und eine vordefinierte Bearbeitungsgeschwindigkeit der Bearbeitungseinheit angepasst sind, wobei die mittlere Geschwindigkeit der Einfahrbewegung höher als die mittlere Geschwindigkeit der Ausfahrbewegung gewählt ist.

[0010] Die Registriereinheit weist vorteilhaft eine Blitzbeleuchtung auf, um die Zielmarkenabtastung auf solche Bereiche der Tische oder darauf befindlicher plattenförmiger Werkstücke zu beschränken, in denen Zielmarken zu erwarten sind.

[0011] Es erweist sich als besonders vorteilhaft, wenn einer der Tische innerhalb des Bearbeitungsgehäuses bei der Einfahrbewegung zur Abtastung der Zielmarken mittels der Registriereinheit und bei der Ausfahrbewegung zur zeilenweisen Bearbeitung mittels der Bearbeitungseinheit vorgesehen ist, wobei gleichzeitig der andere der Tische im ausgefahrenen Zustand außerhalb des Bearbeitungsgehäuses einer Be- und Entladung der Werkstücke zugeführt ist.

[0012] Vorzugsweise sind zwei quer zur Tischbewegungsrichtung parallel arbeitende Greifer zur Be- und Entladung jeweils eines Tisches an jeder Ausgangsseite der Schienenanordnung außerhalb des Bearbeitungsgehäuses vorhanden.

[0013] Vorteilhaft ist die erfindungsgemäße Vorrichtung mit einem Transportsystem zur Bereitstellung der plattenförmigen Werkstücke für eine beidseitige Bearbeitung außerhalb des Bearbeitungsgehäuses und innerhalb eines äußeren Maschinengehäuses ausgestattet, mit dem die einseitig bearbeiteten Werkstücke von der einen an die andere Ausgangsseite der Schienenanordnung unter Vornahme einer Wendebewegung überführbar sind.

Als Transportsystem sind in einer ersten zweckmäßigen Ausführung zwei Gelenkarmroboter vorhanden, die einen zweiseitigen, drehbaren Greiferkopf aufweisen, der durch Drehung des Greiferkopfes für die Entnahme eines fertig bearbeiteten Werkstücks und das Auflegen eines noch nicht fertigen Werkstücks ausgebildet ist,

und die durch Übergabe einseitig bearbeiteter Werkstücke von einem Gelenkarmroboter zum anderen für eine inhärente Wendebewegung vorgesehen sind.

Alternativ dazu ist in einer zweiten bevorzugten Ausführung als Transportsystem ein einseitig nebengeordneter Rollenförderer vorhanden, der mit jeweils einer Doppelanordnung von quer zur Tischbewegung beweglichen Greifern zur Entnahme eines fertig bearbeiteten Werkstücks und zum Auflegen eines noch nicht fertigen Werkstücks ergänzt ist.

Dabei ist im Rollenförderer vorteilhaft eine Wendeeinrichtung als eine gabelförmige Wendeklappe integriert, die an einer Längsseite der Wendeklappe in der Rollenebene des Rollenförderers schwenkbar ist, wobei das plattenförmige Werkstück mittels Förderrollen des Rollenförderers in Gabelöffnungen der gabelförmigen Wendeklappe einfahrbar und nach einer Schwenkbewegung der Wendeklappe aus den Gabelöffnungen ausfahrbar ist.

Die Wendeeinrichtung ist vorzugsweise als eine gabelförmige Wendeklappe so ausgebildet, dass sie an ihrer Längsseite in der Rollenebene schwenkbar und in einer 90°-Position zur Förderebene feststellbar ist, wobei das plattenförmige Werkstück mittels der Förderrollen des Rollenförderers durch einen Schlitz zwischen schwenkbarer Längsseite und Gabelementen der gabelförmigen Wendeklappe ohne Wendung hindurch fahrbar ist.

[0014] Außerhalb des Bearbeitungsgehäuses sind an jeder Ausgangsseite der Schienenanordnung des Tischsystems quer zur Tischbewegungsrichtung bewegliche Greifer zur Beladung und Entladung des jeweils ausfahrenen Tisches vorhanden, die für das gleichzeitige Entnehmen eines bearbeiteten Werkstücks und Auflegen eines nicht oder nicht fertig bearbeiteten Werkstücks an jeder Ausgangsseite der Schienenanordnung jeweils als Doppelanordnung von parallel betriebenen Greifern ausgebildet sind.

Des Weiteren sind die Registriereinheit und die Bearbeitungseinheit vorzugsweise als unmittelbar nebeneinander befindliche parallele Doppelinheit in der Mitte über der Schienenanordnung des Tischsystems angeordnet, um die beiden Tische von beiden Seiten mit jeweils einer und derselben Registriereinheit und Bearbeitungseinheit abzutasten und zu bearbeiten, wobei beim „On-the-Fly“-Registrier- und Bearbeitungsregime bei der Tischeinfahrbewegung erfasste und gegenüber einem auszuführenden Bearbeitungsmuster abweichende Orte der Zielmarken unmittelbar bei der Tischausfahrbewegung zu berücksichtigen sind, um die Abweichungen der Lage der Zielmarken für die Ausrichtung des Bearbeitungsmusters durch Einrechnung der Abweichungen in die Daten des Bearbeitungsmusters anzupassen.

Die Registriereinheit kann alternativ in zwei Registriereinrichtungen, die zu beiden Seiten der Bearbeitungseinheit angeordnet sind, aufgeteilt sein, sodass das Regime aus Registrierung „On the Fly“ und Bearbeitung für beide Tische zeitgleich, aber alternativ abwechselnd realisierbar ist.

Ferner weist die Registriereinheit für die Zielmarkenabtastung zweckmäßig mindestens zwei auf einer Linie quer zur Tischbewegungsrichtung angeordnete Kameras auf, wobei die Position entlang der Linie in Abhängigkeit von der zu erwartenden Lage der Zielmarken auf dem Werkstück einstellbar ist. Dabei sind die Kameras vorzugsweise mit einer Blitzeinrichtung ausgestattet, um Bildaufnahmen bei schneller Tischbewegung mit kurzen Verschlusszeiten zu ermöglichen. Optional sind die mit einer Blitzeinrichtung ausgestatteten Kameras mit kurzen Verschlusszeiten für schnelle Tischbewegung in Längsrichtung zusätzlich für Bildaufnahmen quer zur Tischbewegung bei langsamer oder gehaltener Tischbewegung vorgesehen, wenn mehrere Zielmarken nicht im Kantenbereich des Tisches oder Werkstücks angebracht sind und sich der andere Tisch im Bearbeitungsregime befindet.

[0015] Vorzugsweise ist die Bearbeitungseinheit als zeilenweise scannende Belichtungseinheit ausgebildet, um photoempfindliche Schichten mit einem Belichtungsmuster zu versehen. Dabei weist die Belichtungseinheit zweckmäßig eine steuerbare Lichtquelle zur Belichtung von Werkstücken mit einem mittels eines Polygonspiegels gescannten Laserstrahl auf.

Des Weiteren kann die Bearbeitungseinheit vorteilhaft als Laserbearbeitungseinheit ausgebildet sein, um Werkstücke mittels eines gesteuerten Laserstrahls durch Laserablation oder Laserschneiden zu bearbeiten.

In einer weiteren vorzugsweisen Ausführung ist die Bearbeitungseinheit als Materialablagerungseinheit ausgebildet, um Werkstücke mittels gesteuerten Materialauftrags zu bearbeiten. Dazu kann die Bearbeitungseinheit zweckmäßig als Laserbearbeitungseinheit nach der LIFT-Technologie ausgebildet sein, um feste Materialien von Spenderschichtsubstraten durch gesteuerte laserinduzierte Vorrätsübertragung als Beschichtungsmuster auf Werkstücke aufzutragen, oder sie ist als eine Ink-Jet-Einheit ausgebildet, um transient flüssige Materialien mittels steuerbarer Düsen als Beschichtungsmuster auf Werkstücke aufzutragen.

[0016] Die Erfindung basiert auf der Grundüberlegung, dass der Durchsatz bei der Bearbeitung von Werkstücken bei festen Prozessparametern nur dann erhöht werden kann, wenn die Bearbeitungseinheit nahezu kontinuierlich mit gewünschten Bearbeitungsprozessen, wie z.B. Belichtungsprozessen, ausgelastet ist und die Handhabungs- und Nebenzeiten insbesondere dadurch verkürzt werden, dass die Zielmarkenregistrierung

und die Ausrichtung des Werkstücks zum Bearbeitungsmuster in ähnlicher Weise kontinuierlich und parallel zum Bearbeitungsprozess erfolgen und der Werkstückwechsel möglichst kurze Bearbeitungspausen benötigt. Gemäß der Erfahrung wird diese Problemstellung gelöst, indem zwei Tische in einer Ebene auf einem gemeinsamen Linearführungssystem angeordnet sind, um die Werkstückwechselzeit auf eine Tischwechselzeit beim Durchlauf durch die Bearbeitungseinheit zu reduzieren. Beide Tische bewegen sich dabei unabhängig voneinander entlang derselben Führungsschienen eines Linearführungssystems und können sich während der Bewegung bis auf einen vorgegebenen Minimalabstand einander nähern, gleiche oder entgegengesetzte Bewegungsrichtungen mit gleichen oder unterschiedlichen Geschwindigkeiten fahren.

Für einen möglichen Bearbeitungsprozess wird ein zeilenweise quer zur Tischbewegungsrichtung fortschreitender Bearbeitungspfad, vorzugsweise mit einem Laserscanner, verwendet, wobei eine Registriereinheit zur Erfassung der Lage der Werkstücke oder darauf befindlichen Zielmarken, die beispielsweise als kreisförmige Targets oder Durchgangslöcher ausgebildet sind, benötigt wird, um die erforderliche Präzision sicherzustellen. Die Registriereinheit besteht aus quer zur Tischbewegungsrichtung beweglichen Kameras (zwei oder mehrere Kameras mit Flächen- oder Linearsensoren), um in jeder beliebigen Position Kanten oder Zielmarken der Werkstücke erfassen zu können. Dadurch können die Registrierzeiten durch streifenweise Zielmarkenaufnahmen an die bewährte zeilenweise Bearbeitung, vorzugsweise Belichtung mit einer gescannten Laserlinie, angeglichen, Vollbildauswertungen des gesamten Werkstücks zur Erfassung der Zielmarken vermieden und die Übereinstimmung des Bearbeitungsmusters mit der durch die Zielmarkenregistrierung erfassten Lage des Werkstücks mittels elektronischer Ausrichtung der Bearbeitungsdaten hergestellt werden.

Ferner sollten die Kameras über dynamische Eigenschaften (hohe Bildaufnahmefrequenz) verfügen, die eine lückenlose Erfassung des Werkstücks während der Tischbewegung (in y-Richtung) gestatten und somit eine fliegende Zielmarkenerfassung im laufenden Betrieb der Tischbewegung für den unmittelbar nachfolgenden Bearbeitungsprozess („On-the-Fly“-Registrierung) ermöglichen.

Da eine Tischbeladung mit beispielsweise rechteckigen Werkstücken, wie z.B. Leiterplatten, per se eine sehr genaue Ausrichtung zu den Tischkoordinaten ermöglicht, kann die Zielmarkenregistrierung in solchen Fällen ohne weitere Zwischenspeicherung der Bilddaten direkt zur Berechnung einer elektronisch angepassten Ausrichtung der Bearbeitungsmuster verwendet werden („On-the-Fly-Alignment“). Damit entfallen jegliche mechanische Tisch- oder Werkstücklagekorrekturen und die Ausrichtungsnebenzeit wird praktisch eingespart und mit der laufenden Datenstromaufbereitung kombiniert.

Außerdem wird der mechanische Durchsatz der Bearbeitungseinheit dadurch erhöht, dass die Bearbeitungseinheit von zwei Seiten mit zwei separat steuerbaren, abwechselnd durchfahrenden Tischen ausgelastet wird.

[0017] Für die Maximierung der Maschineneffizienz bzw. des Werkstückdurchsatzes ist auch eine Verringerung der Verfahrwege der zwei Tische zweckdienlich. Die Gesamtlänge des Systems ergibt sich dabei aus vier Tischlängen zuzüglich Sicherheitsabständen und den mittig im Gesamtsystem angeordneten Zonen von Registriereinheit und Bearbeitungseinheit. Jedes Werkstück durchfährt während eines Bearbeitungsprozesses zunächst mit einer zulässigen Registriergeschwindigkeit vollständig sowohl Registriereinheit als auch Bearbeitungseinheit (Reihenfolge unterschiedlich je nach Tischeinfahrseite) und nach Richtungsumkehr findet die Bearbeitung/Belichtung auf dem Rückweg mit einer vorgegebenen Bearbeitungsgeschwindigkeit statt. Die Bearbeitungsgeschwindigkeit wird beispielsweise bei der Belichtung einer photoempfindlichen Resistbeschichtung durch die oben genannte vorgegebene Belichtungszeit bestimmt. Die Ausdehnungen von Registrier- und Bearbeitungseinheit in y-Richtung haben maßgeblichen Einfluss auf die Gesamtverfahrwege der Tische.

In bekannten Belichtungssystemen auf DMD-Basis (Digital Micromirror Device), die entweder ein x-y-Verfahren mit mindestens zwei Reihen mit versetzten DMD-Köpfen erfordern und typischerweise eine erhebliche y-Ausdehnung der Belichtungszone größer 120 mm aufweisen, müsste die vorliegende Erfahrung größere Verfahrwege der Tische einplanen gegenüber einem bevorzugt einsetzbaren Polygonscanner, der ein Strahlbündel mit einer Ausdehnung von deutlich kleiner 0,5 mm in y-Richtung und daher nur minimalen Einfluss auf die erforderlichen Tischverfahrwege aufweist. Ähnlich müsste der Mehrbedarf an Verfahrweg der Tische für andere Bearbeitungseinheiten Flüssigkeits- oder Tröpfchenstrahlen eingeschätzt werden, wie z.B. beim Auftragen von Materialien mittels Ink-Jet-Technologie, beispielweise von Farben, Lacken, Klebern, Resisten und Lötstopfmarkern usw..

[0018] Des Weiteren wird durch unterschiedliche vorrichtungsadaptierte Handhabungssysteme ermöglicht, die beidseitige Bearbeitung eines Werkstücks in einem Werkstückdurchlauf durch dieselbe Bearbeitungsanlage durchzuführen, wofür die beidseitige Beschickung der Bearbeitungseinheit besonders vorteilhaft ausgenutzt werden kann, indem eine bevorzugt innerhalb eines Maschinengehäuses installierte Handhabungseinheit den Tisch-zu-Tisch-Transport des einseitig bearbeiteten Werkstücks mit dessen inhärenter Drehung realisiert, während zeitlich parallel weitere Werkstücke auf der einen Seite der zweiseitig beschickbaren Vorrichtung geladen und bearbeitet werden.

[0019] Mit der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die Bearbeitung von plattenförmigen Werkstücken, wie z.B. Leiterplatten oder Wafern, derart zu effektivieren, dass mit einer Bearbeitungseinheit ein besonders hoher Durchsatz mittels zweier separater gegenläufig betriebener Tische auf einer gemeinsamen Schienenanordnung erreicht wird. Damit wird nicht nur der Durchsatz, sondern auch die Präzision der Bearbeitung auf beiden Tischen aufgrund der Nutzung derselben Schienenanordnung erhöht. Mit einem angepassten Handhabungssystem ist besonders effektiv eine beidseitige Bearbeitung eines Werkstücks mit derselben Bearbeitungseinheit bei einem einzigen Werkstückdurchlauf möglich, sodass keine Zwischenlagerung und keine zweite, nachgeordnete Bearbeitungseinheit erforderlich sind, wobei gegenüber Maschinen mit gleichem Durchsatz eine Verringerung der erforderlichen Grundfläche der gesamten Bearbeitungsmaschine erreicht wird.

[0020] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. Die Zeichnungen zeigen:

Fig. 1: zwei schematische Darstellungen der erfindungsgemäßen Bearbeitungsvorrichtung bei beidseitiger, abwechselnder Beschickung mit plattenförmigen Werkstücken, wobei a) die Registrierung und Bearbeitung des linksseitig vorliegenden Werkstücks und den rechtsseitigen Werkstückwechsel und b) die Registrierung und Bearbeitung des rechtsseitig vorliegenden Werkstücks und den linksseitigen Werkstückwechsel veranschaulicht;

Fig. 2: eine achtteilige Darstellung (in Teilabbildungen a bis h) eines schematischen Prozessablaufs der Werkstückbearbeitung und der gleichzeitig ablaufenden Werkstückhandhabung mittels zweier Gelenkarmroboter;

Fig. 3: ein Zeitdiagramm für den Verlauf von Registrierung und Bearbeitung sowie einen Tisch-zu-Tisch-Transport mit Drehung des Werkstücks für die rückseitige Bearbeitung;

Fig. 4: eine zweiteilige Darstellung (in Teilabbildungen a und b) eines schematischen Ablaufprozesses einer zu **Fig. 2** alternativen Werkstückhandhabung mittels eines Rollenförderers;

Fig. 5: eine Detaildarstellung für die Wendeeinrichtung mit Pfeildarstellung für den Bewegungsablauf.

Fig. 6: eine vorteilhafte Ausführungsform der Wendeeinrichtung mit einer Durchlauföffnung, wenn die Wendeeinrichtung auf dem halben Schwenkweg angehalten ist, zum alternativen Durchlass eines Werkstücks ohne Wendung;

Fig. 7: zwei Darstellungen eines zu **Fig. 1** modifizierten Bearbeitungsprozesses, in denen a) die Registrierung und Bearbeitung des linksseitig vorliegenden Werkstücks und der rechtsseitige Werkstückwechsel und b) die Registrierung und Bearbeitung des rechtsseitig vorliegenden Werkstücks und der linksseitige Werkstückwechsel veranschaulicht sind, wobei an jeder Ausgangsseite der Schienenanordnung im Bearbeitungsgehäuse eine separate Registriereinrichtung für die Zielmarken der Werkstücke vorhanden ist, um parallel zur Bearbeitung auf einem Tisch bereits eine Registrierung auf dem anderen Tisch vornehmen zu können;

Fig. 8: eine Darstellung einer vorteilhaften Ausführung einer Registriereinheit zur Zielmarkenaufnahme in zwei streifenförmigen Bereichen entlang der Werkstückkanten;

Fig. 9: ein Taktschema für die Zielmarkenregistrierung „On the Fly“ mit einer Detaildarstellung der Zielmarkenverzerrung infolge der Tischbewegung;

Fig. 10: eine Darstellung einer weiteren vorteilhaften Ausführung einer Registriereinheit zur Zielmarkenaufnahme in drei streifenförmigen Bereichen;

Fig. 11: eine zweiteilige Darstellung (in Teilabbildungen a und b) des Be- und Entladevorgangs der zwei Tische gemäß der Ausführung von **Fig. 4** in einer vorteilhaften Ausführung mit zwei parallel geführten Greifern.

[0021] Eine erfindungsgemäße Bearbeitungsvorrichtung 1 zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken 6 umfasst - wie in **Fig. 1** schematisch dargestellt - ein bewegliches Tischsystem 2 zur Aufnahme und Bewegung des Werkstücks 6 und über dem beweglichen Tischsystem 2 eine Registriereinheit 3 zum Erfassen von Zielmarken 33 (nur in **Fig. 8** und **Fig. 10** dargestellt) sowie eine Bearbeitungseinheit 4, die als eine quer zur Tischbewegungsrichtung das Werkstück 6 zeilenweise scannende Bearbeitungsstation ausgebildet ist, und enthält eine Rechnereinheit 5 zur Steuerung der Ausrichtung zwischen Bearbeitungseinheit 4 und Werkstück 6 und örtlicher Differenzierung einer vorgegebenen Bearbeitung in Abhängigkeit von der aufgrund der registrierten Zielmarken 33 ermittelten Lage des Werkstücks 6.

Das bewegliche Tischsystem 2 weist zwei gleichartige Tische 21 und 22 auf einer gemeinsamen Schienenanordnung 23 (im Sinne eines gemeinsamen Linearführungssystems) mit einem vorzugsweise aus zwei Schie-

nen gebildeten linearen Schienenbereich unterhalb der Registriereinheit **3** und der Bearbeitungseinheit **4** auf, sodass die Tische **21, 22** abwechselnd geradlinig entlang einer Tischbewegungsrichtung (y-Richtung) vollständig unter Registriereinheit **3** und Bearbeitungseinheit **4** hindurch fahrbar sind.

Die Registriereinheit **3** hat eine lineare Ausrichtung quer zur Tischbewegungsrichtung und weist wenigstens zwei Sensorbereiche auf, um Positionsmarken mindestens in lateralen Kantenbereichen der Tische **21, 22** oder der darauf befindlichen Werkstücke **6** bei der Durchfahrt eines der Tische **21, 22** unter der Registriereinheit **3** räumlich zu erfassen. Dabei sind die Sensorbereiche vorzugsweise durch kompakte Kameras **31** gebildet, die z.B. Flächenkameras oder Zeilenkameras sein können.

Die Bearbeitungseinheit **4** ist vorteilhaft als eine parallel zur Registriereinheit **3** angeordnete Bearbeitungsstation ausgebildet, die einen steuerbaren Bearbeitungspfad quer zur Tischbewegungsrichtung, vorzugsweise in Form eines gescannten Bearbeitungsstrahls aufweist, um eine zeilenweise Bearbeitung des plattenförmigen Werkstücks **6** durchzuführen. Als steuerbare Bearbeitungspfade kommen insbesondere linear gescannte Laserstrahlen, aber auch Elektronenstrahlen oder Partikelstrahlen in Betracht. Diese können besonders bevorzugt in einer zeilenweise scannenden Belichtungseinheit **41** (siehe **Fig. 2** oder **Fig. 4**) zur Direktbelichtung eingesetzt sein. Alternativ kann die Bearbeitungseinheit **4** aber auch eine andere linear zeilenweise steuerbare Bearbeitungsstation aufweisen, wie z.B. eine Laserschneideeinrichtung oder andere Laserbearbeitungssysteme, wie z.B. eine Laserablationseinheit oder ein LIFT-System, d.h. engl.: Laser Induced Forward Transfer System (nicht gezeichnet, siehe z.B. <https://www.hiperlam.eu/technologies>) oder eine Ink-Jet-Einheit **42** (nur in **Fig. 7** gezeichnet) oder andere Materialablagerungssysteme.

[0022] Die Rechnereinheit **5** ist mit Mitteln zur unabhängigen Steuerung der beiden Tische **21, 22** bezüglich Richtungssinn, Geschwindigkeit der Tischbewegung sowie abwechselnder Ein- und Ausfahrt der Tische **21, 22** zwecks Be- und Entladung ausgestattet, um plattenförmige Werkstücke **6** von zwei gegenüberliegenden Seiten der Schienenanordnung **23** einer Registrierung der Zielmarken **33** bei der Einfahrbewegung und einer zeilenweisen Bearbeitung bei der Ausfahrbewegung zuzuführen, wobei die Bearbeitung nach einer Ausrichtung zwischen Bearbeitungseinheit **4** und Werkstück **6** und mit örtlicher Differenzierung gemäß einem vorgegebenen Bearbeitungsmuster durch die Rechnereinheit **5** in Abhängigkeit von einer aufgrund der registrierten Zielmarken **33** ermittelten Lage des Werkstücks **6** gesteuert wird. Des Weiteren sorgt die Rechnereinheit **5** für die Be- und Entladung eines der jeweils abwechselnd vollständig aus einem Bearbeitungsgehäuse **7** ausgefahrenen Tisches **21** oder **22**, wobei das Bearbeitungsgehäuse **7** einen mit Reinraumbedingungen ausgestatteten Raum umgibt, der von der Bearbeitungsvorrichtung **1** die Registriereinheit **3** und Bearbeitungseinheit **4** sowie einen in beiden Richtungen zum jeweiligen Ausgangsbereich der Schienenanordnung **23** vorgelagerten Raum von mindestens einer Tischlänge enthält. In der in **Fig. 1** gezeigten Arbeitsvariante weist das Bearbeitungsgehäuse **7** an den beiden gegenüberliegenden Ausgangsbereichen der Tische **21, 22** Reinigungselemente (sog. Cleaner **71**) für die Oberflächenreinigung der Werkstücke **6** auf.

Anhand der zwei Teilabbildungen von **Fig. 1** soll nun die erfindungsgemäße parallele Werkstückbearbeitung in der Bearbeitungsvorrichtung **1** erläutert werden. Dazu zeigt Teilabbildung a) den Vorgang, dass der erste Tisch **21** bereits mit einem unbearbeiteten Werkstück **61** beladen ist und entlang der Schienenanordnung **23** in das Bearbeitungsgehäuse **7** einfährt, dabei den Cleaner **71** durchfährt und entlang der fett gestrichelten Einfahrtrichtung zunächst die Registriereinheit **3** und gleich anschließend die Bearbeitungseinheit **4** vollständig durchquert. Dabei muss das unbearbeitete Werkstück **61** beide Einheiten **3** und **4** durchfahren und mindestens mit allen seinen Teilen die Registriereinheit **3** und Bearbeitungseinheit **4** verlassen haben, während der Tisch **21** möglicherweise nicht vollständig durchgefahren ist, wie als fein gestrichelte Silhouette von Tisch **21** und Werkstück **61** gezeichnet, wenn der Tisch **21** eine größere Fläche als das unbearbeitete Werkstück **61** aufweist. Dadurch kann wertvolle Zeit eingespart werden, je größer der Flächenunterschied zwischen Tisch **21** und Werkstück **61** ist.

[0023] Beim Durchfahren der Registriereinheit **3** ist das unbearbeitete Werkstück **61** bereits bezüglich der darauf befindlichen Zielmarken **33**, bevorzugt aufgebrachte Targets oder eingebrachte Durchgangslöcher, abgetastet worden. Die Registriereinheit **3** enthält dafür in x-Richtung bewegliche Kameras **31** (zwei oder mehrere Kameras mit Flächen- oder Linearsensoren), um jede beliebige Position auf dem unbearbeiteten Werkstück **61** erfassen zu können. Bei regulärem Betrieb sind jedoch die unbearbeiteten Werkstücke **61**, ihre Größe und die Anzahl der darauf befindlichen Zielmarken **33** genau bekannt, sodass die Kameras **31** zwar beweglich sind, aber für die Abtastung der Zielmarken **33** einer konkreten Werkstückcharge fest voreingestellt werden. Eine Bewegung der Kameras **31** kann auch dann entfallen, wenn entweder eine Kombination aus Flächen- oder Linienkameras die komplette Breite des Tisches **21, 22** lückenlos erfassen kann. Damit die Abtastung der Zielmarken **33** beim Durchfahren sofort („On the Fly“) erfolgen kann, müssen die Kameras **31** über dynamische Eigenschaften (hohe Bildaufnahmefrequenz) verfügen, die eine lückenlose Erfassung des unbearbeiteten Werkstücks **61** während der Bewegung in Tischbewegungsrichtung (y-Richtung) gestattet. Die „On-the-Fly“-Registrierung bedeutet hier, dass die Positionsdaten der Zielmarken **33** und damit die Lage des unbear-

beiteten Werkstücks **61** direkt für die Ausrichtung zwischen unbearbeitetem Werkstück **61** und Bearbeitungsmuster durch Anpassung der Bearbeitungsdaten für die Bearbeitung in der Bearbeitungseinheit **4** durch die Rechnereinheit **5** verarbeitet werden.

Hat der erste Tisch **21** seine Einfahrbewegung beendet, indem alle Teile des unbearbeiteten Werkstücks **61** die Registriereinheit **3** und Bearbeitungseinheit **4** passiert haben, steuert die Rechnereinheit **5** seine Bewegungsrichtung um und er durchfährt die Bearbeitungseinheit **4** und die Registriereinheit **3** rückwärts, dargestellt durch die fett gepunktete Bewegungslinie, wobei in der Bearbeitungseinheit **4** die zeilenweise Bearbeitung des unbearbeiteten Werkstücks **61** erfolgt.

In einem parallelen Zeitabschnitt ist der zweite Tisch **22** auf der rechten Seite der Teilabbildung a) von einem einseitig bearbeiteten Werkstück **62** entladen und mit einem neuen unbearbeiteten Werkstück **61** beladen worden. Damit steht der zweite Tisch **22**, noch bevor der erste Tisch **21** das Bearbeitungsgehäuse **7** verlassen hat, zur Bearbeitung bereit und kann bereits dann, wenn der erste Tisch **21** seine Bearbeitung erhält, in das Bearbeitungsgehäuse **7** einfahren, den Cleaner **71** durchlaufen und dem Tisch **21** mit minimalem Abstand folgen. Dieser Ablauf ist in Teilabbildung b) von **Fig. 1** gezeigt.

Dabei fährt der zweite Tisch **22** gemäß der fett gestrichelten Bewegungslinie in das Bearbeitungsgehäuse **7** ein, durchfährt zuerst die Bearbeitungseinheit **4**, ohne bearbeitet zu werden, um anschließend beim Durchlauf der Registriereinheit **3** bezüglich der Positionen der Zielmarken **33** „On the Fly“ abgetastet zu werden. Dabei muss der zweite Tisch **22** die Registriereinheit **3** wiederum soweit durchfahren, bis das unbearbeitete Werkstück **61** vollständig (mit allen seinen Teilen) die Registriereinheit **3** verlassen hat. Danach wird die Bewegungsrichtung des ersten Tisches **21** umgekehrt und die Rechnereinheit **5** sorgt für die angepasste und ausgerichtete Bearbeitung des Bearbeitungsmusters in der Bearbeitungseinheit **4**.

Beim Einfahren des zweiten Tisches **22** hat der erste Tisch **21** gleichzeitig das Bearbeitungsgehäuse **7** an der gegenüberliegenden Seite verlassen und ist von dem einseitig bearbeiteten Werkstück **62** entladen und mit einem neuen unbearbeiteten Werkstück **61** beladen worden und steht somit für das erneute Einfahren bereit, das genau dann beginnt, wenn der zweite Tisch **22** nach seiner Richtungsumkehr die zeilenweise Bearbeitung in der Bearbeitungseinheit **4** durchläuft. Nach Abschluss der Bearbeitung auf dem zweiten Tisch **22** schließt sich erneut die Prozedur gemäß der Teilabbildung a) von **Fig. 1** an und setzt sich dann mit dem Vorgang gemäß Teilabbildung b) fort usw.

Um die Tischwechselzeit so weit wie möglich zu reduzieren, werden die zwei Tische **21, 22** in einer Ebene auf der gemeinsamen Schienenanordnung **23** so eng wie möglich zueinander bewegt. Beide Tische **21, 22** bewegen sich unabhängig voneinander jeweils von einer der beiden Bahnenden der Schienenanordnung **23** in y-Richtung und können sich während der Tischbewegung bis auf einen vorgegebenen Minimalabstand einander nähern, gleiche oder unterschiedliche Geschwindigkeiten fahren sowie gleiche oder unterschiedliche Bewegungsrichtung haben.

[0024] In **Fig. 2** ist in acht Teilabbildungen a) bis h) der Prozessablauf der Bearbeitung von Werkstücken **6** - hier am Beispiel einer Leiterplattenbelichtung - mit einem zugeordneten Handhabungssystem **8** dargestellt, das zusätzlich zu der in **Fig. 1** gezeigten Parallelbearbeitungsvariante eine Ausnutzung der Bearbeitungsvorrichtung **1** für eine Vorder- und Rückseitenbearbeitung der Werkstücke **6** gestattet.

[0025] **Fig. 2** enthält in allen Teilabbildungen die in **Fig. 1** gezeigte Bearbeitungsvorrichtung **1** in einer Variante, bei der - ohne Beschränkung der Allgemeinheit der möglichen einsetzbaren Bearbeitungsprozesse - die Bearbeitungseinheit **4** als eine Belichtungseinheit **41** mit einer steuerbaren Lichtquelle zur Belichtung von Werkstücken **6**, vorzugsweise mit einem mittels eines Polygonspiegels gescannten Laserstrahl, ausgebildet ist, wobei die Schienenanordnung **23**, wie in **Fig. 1** gezeigt, aus dem Bearbeitungsgehäuse **7** herausragt, um abwechselnd die Be- und Entladung der Tische **21** und **22** zu ermöglichen.

In diesem Ausführungsbeispiel ist außerhalb des Bearbeitungsgehäuses **7** für dessen beidseitige Werkstückbeschickung ein Handhabungssystem **8** vorhanden, das in einem die Bearbeitungsvorrichtung **1** inklusive des Tischsystems **2** mit der überstehenden Schienenanordnung **23** umgebenden äußeren Maschinengehäuse **9** untergebracht ist und zwei gleichartige Gelenkarmroboter **81** umfasst, die jeweils einem der Tische **21, 22** zugeordnet sind und auf den Tischen **21, 22** für die Entladung von einseitig belichteten Werkstücken **62** und die Beladung mit neuen unbelichteten Werkstücken **61** sorgen.

Das Handhabungssystem **8** enthält in diesem konkreten Beispiel zwei gleichartige Gelenkarmroboter **81**, die jeweils an einem Bahnende der Schienenanordnung **23** an dem jeweils ausgefahrenen Tisch **21** oder **22** Werkstücke **6** be- oder entladen können. Jeder Gelenkarmroboter **81** verfügt über einen Gelenkarm **811** (vorzugsweise mehrgliedrigen) Gelenkarm **811** sowie über einen drehbaren doppelseitigen Kopf **812**, der mit zwei an gegenüberliegenden Flächen angeordneten Greifern **84**, die beispielsweise ein Vakuumsystem enthalten, ausgestattet ist. Die Gelenkarmroboter **81** sind so angeordnet, dass sie jeweils auf den zugeordneten Tisch **21** oder **22** zugreifen und mit dem anderen Gelenkarmroboter **81** in Kontakt treten können. Bei der Kontaktaufnahme der beiden Gelenkarmroboter **81** miteinander kann der eine Gelenkarmroboter **81** in einer Mittelposition

in halber Distanz zum anderen Gelenkarmroboter **81** mit seinen am doppelseitigen Kopf **812** angeordneten Greifern **84** ein einseitig bearbeitetes Werkstück **62** übergeben, das der andere Gelenkarmroboter **81** in „gekippter Ausrichtung“ übernimmt. Der Bearbeitungs- und Handhabungsprozess läuft damit wie nachfolgend zu den acht Teilabbildungen beschrieben ab, wobei der Buchstabe A zur Markierung der Vorderseite und B zur Kennzeichnung der Rückseite des jeweiligen Werkstücks **6** benutzt wird und dabei ein voller Buchstabe die sichtbare Oberseite und ein hohler Buchstabe die nicht sichtbare Unterseite der Werkstücke **6** kennzeichnen. Weiterhin soll darauf hingewiesen sein, dass die Werkstückstapel **64** innerhalb aller Teilabbildungen lediglich zur kompakteren vereinfachten Darstellung stets innerhalb des Maschinengehäuses **9** gezeichnet wurden, obwohl diese üblicherweise durch externe Handhabungseinrichtungen bereitgestellt werden.

[0026] In Teilabbildung a) ist die Bearbeitungsvorrichtung **1** innerhalb des Maschinengehäuses **9** in einer Momentaufnahme gezeigt, in der ein bereits (einseitig) belichtetes Werkstück **62** auf dem ersten Tisch **21** entlang der Schienenanordnung **23** das Bearbeitungsgehäuse **7** verlassen hat. An der einen Fläche des doppelseitigen Kopfes **812** wird gemäß Teilabbildung a) von **Fig. 2** ein neues unbelichtetes Werkstück **61** aufgenommen, der Kopf **812** gedreht und über den ersten Tisch **21** geschwenkt. Gleichzeitig wird auf dem zweiten Tisch **22** ein einseitig belichtetes Werkstück **62** durch die Registriereinheit **3** und Belichtungseinheit **4** gefahren, um in der mit dem hohen Pfeil gekennzeichneten Einfahrrichtung die Abtastung der Zielmarken **33** vorzunehmen. Außerdem legt der Gelenkarmroboter **81** ein kurz zuvor vom zweiten Tisch **22** entnommenes beidseitig belichtetes Werkstück **63** in einen Werkstückstapel **64** ab. Danach schwenkt dieser Gelenkarmroboter **81**, wie auf der rechten Seite von Teilabbildung b) gezeichnet, in die Mittelposition in halber Distanz zum Gelenkarmroboter **81** des ersten Tisches **21**.

Der Gelenkarmroboter **81** am ersten Tisch **21** hat gemäß der linken Seite von Teilabbildung b) über dem ersten Tisch **21** gestoppt, trägt auf der oberen Fläche des doppelseitigen Kopfes **812** das unbelichtete Werkstück **61** und wird mit der unteren Fläche auf den ersten Tisch **21** abgesenkt, um von diesem ein bereits einseitig belichtetes Werkstück **62** aufzunehmen. Zur gleichen Zeit läuft auf dem zweiten Tisch **22** in der Ausfahrrichtung des Tisches **22** die zeilenweise Belichtung ab.

In Teilabbildung c) von **Fig. 2** wird die Belichtung auf dem zweiten Tisch **22** abgeschlossen und der Tisch **22** mit erhöhter Geschwindigkeit aus dem Bearbeitungsgehäuse **7** ausgefahren. Der Gelenkarmroboter **81** am ersten Tisch **21** hat nach dem Aufnehmen des einseitig belichteten Werkstücks **62** den Kopf **812** nochmals um 180° gedreht und legt das unbelichtete Werkstück **61** auf dem ersten Tisch **21** ab.

[0027] Gemäß Teilabbildung d) schwenkt der Gelenkarm **811** mit dem an der anderen Fläche des doppelseitigen Kopfes **812** befindlichen einseitig belichteten Werkstück **62** vom ersten Tisch **21** zur Mittelposition in halber Distanz zum anderen Gelenkarmroboter **81**, der dort ohne Beladung wartet, und dockt an dessen bereitstehender Fläche des doppelseitigen Kopfes **812** an, um das einseitig belichtete Werkstück **62** zu übergeben. Inzwischen hat das beidseitig belichtete Werkstück **63** auf dem zweiten Tisch **22** liegend das Bearbeitungsgehäuse **7** verlassen und der erste Tisch **21** fährt von der anderen Seite in das Bearbeitungsgehäuse **7** zur Registriereinheit **3** ein.

Wie in Teilabbildung e) gezeigt, schwenkt der zum zweiten Tisch **22** zugehörige Gelenkarmroboter **81** zum beidseitig belichteten Werkstück **63** auf dem zweiten Tisch **22** und dreht dabei seinen Kopf **812**, sodass dieser mit seiner freien Fläche das beidseitig belichtete Werkstück **63** aufnehmen kann. Zugleich hat der erste Tisch **21** mit dem aufgelegten unbelichteten Werkstück **61** im Bearbeitungsgehäuse **7** die Registriereinheit **3** passiert und die Belichtungseinheit **41** fast durchfahren, wobei in der Registriereinheit **3** die Registrierung der Zielmarken **33** vorgenommen wurde.

Wie Teilabbildung f) zeigt, kehrt der erste Tisch **21**, nachdem mindestens das unbelichtete Werkstück **61** die Belichtungseinheit **41** vollständig durchlaufen hat, seine Bewegungsrichtung um und beginnt bei der Ausfahrbewegung den Belichtungsprozess in der Belichtungseinheit **41**. Gleichzeitig nimmt am zweiten Tisch **22** der zugehörige Gelenkarmroboter **81** das beidseitig belichtete Werkstück **63** auf und dreht danach - wie in Teilabbildung g) zu sehen - den Kopf **812** um 180°, um das vom Gelenkarmroboter **81** des ersten Tisches **21** übernommene einseitig belichtete Werkstück **62** auf dem zweiten Tisch **22** abzulegen. Währenddessen wird in Teilabbildung g) auf dem ersten Tisch **21** die Belichtungsprozedur abgeschlossen und der erste Tisch **21** dann mit erhöhter Geschwindigkeit aus dem Bearbeitungsgehäuse **7** ausgefahren.

In Teilabbildung h) von **Fig. 2** nimmt der Gelenkarmroboter **81** am ersten Tisch **21** vom Werkstückstapel **64** ein neues unbelichtetes Werkstück **61** auf, um anschließend das aus dem Bearbeitungsgehäuse **7** ausgefahrenen einseitig belichtete Werkstück **62** mit einem unbelichteten Werkstück **61** auszutauschen - wie bereits zu den Teilabbildungen a) und b) beschrieben. Gleichzeitig hat der Gelenkarmroboter **81** am zweiten Tisch **22** das bereits aufgenommene beidseitig belichtete Werkstück **63** in einen entsprechenden Werkstückstapel **64** abgelegt und der zweite Tisch **22** beginnt das bereits aufgelegte einseitig belichtete Werkstück **62** in die Bearbeitungsgehäuse **7** zur Registrierung in der Registriereinheit **3** mit maximal möglicher Registergeschwindigkeit einzufahren. Danach wiederholt sich der Gesamtprozess beginnend mit Teilabbildung a) von vorn.

[0028] In **Fig. 3** ist der oben beschriebene Ablauf nochmals als Orts-Zeit-Schema dargestellt, um die enge Steuerung der Bewegung der Tische **21**, **22** zu verdeutlichen, die als schwarze durchgezogene Zick-Zack-Linie dargestellt ist. Dabei ist die Zeitachse **t** vertikal entlang der räumlichen Mittellinie von Registriereinheit **3** und Bearbeitungseinheit **4** eingezeichnet und lässt die unterschiedlichen Geschwindigkeiten der Tische **21** und **22** erkennen, wobei die Registrierung jeweils bei den steileren Anstiegen, also bei höheren Tischgeschwindigkeiten erfolgt, während die Belichtung in den Bereichen mit flacherem Anstieg, also bei geringerer Geschwindigkeit, erfolgt. Außerhalb des Bearbeitungsgehäuses **7** kommen die Tische **21** und **22** jeweils zum Stehen (monoton gleichbleibend).

Das Ablaufschema in **Fig. 3** verdeutlicht mit einem verdrehten Pfeilband stilistisch vereinfacht sowohl den mit einem Handhabungssystem **8**, z.B. mittels Gelenkarmrobotern **81** (gemäß **Fig. 2**) oder Rollenförderer **82** (gemäß **Fig. 4**), ausgeführten Tisch-zu-Tisch-Transport als auch die Werkstückdrehung mittels einer Wendeeinrichtung **83** (z.B. gemäß **Fig. 2**, Teilabbildung d) als Werkstückübergabe zwischen den doppelseitigen Köpfen **812** der beiden Gelenkarmroboter **81** oder gemäß **Fig. 4** und **Fig. 5** durch eine gabelförmige Wendeklappe **831**) für die beidseitige Bearbeitung (Belichtung) der Werkstücke **6**. In **Fig. 3** ist diese Registrierungs- und Belichtungsprozedur für zwei Werkstücke **6** mit den gefüllten Nummerierungen **1** und **2** für jeweils Vorderseite A und Rückseite B vollständig dargestellt. Die Werkstücke **6** mit den hohen Nummerierungen **3** und **4** verdeutlichen die parallel anlaufenden Prozesse der nächsten Werkstücke **6**. Bei den Werkstücken mit den Bezugszeichen **61**, **62** und **63** wird die Unterscheidung zwischen unbelichtetem Werkstück **61**, einseitig belichtetem Werkstück **62** und beidseitig belichtetem Werkstück **63** vorgenommen.

[0029] Die Darstellung von **Fig. 4** zeigt in zwei Teilabbildungen a) und b) ein zu **Fig. 2** alternativ anwendbares Handhabungssystem **8** in Form von Rollenförderern **82**.

Die Bearbeitungsvorrichtung **1** ist in diesem Beispiel in gleicher Weise aufgebaut wie in **Fig. 1**, allerdings ist wieder ohne Beschränkung der Allgemeinheit - die Bearbeitungseinheit **4** als Belichtungseinheit **41** ausgebildet. Um diese Bearbeitungsvorrichtung **1** herum ist ein vollständiges Handhabungssystem **8** in einem äußeren Maschinengehäuse **9** angeordnet, das alternativ zu dem in **Fig. 2** im Zusammenwirken mit der Bearbeitungsvorrichtung **1** eingesetzt werden kann, um die einseitig belichteten Werkstücke **62** in derselben Bearbeitungsvorrichtung **1** einer rückseitigen Belichtung zuzuführen, ohne diese zwischenzustapeln.

Das Handhabungssystem **8** enthält in diesem Ausführungsbeispiel einen Rollenförderer **82**, der einseitig belichtete Werkstücke **62** vom ersten Tisch **21** zum zweiten Tisch **22** transportiert, zwei Doppelanordnungen von je zwei Greifern **85** und **86**, die eine parallele Be- und Entladung des jeweiligen Tisches **21** bzw. **22** vornehmen, und eine Wendeeinrichtung **83**, die auf dem Weg entlang des Rollenförderers **82** vorgesehen ist, um während eines Tisch-zu-Tisch-Transports der einseitig belichteten Werkstücke **62** die belichtete Oberseite nach unten zu drehen und somit in einem Maschinendurchlauf unter zweimaliger Nutzung der Bearbeitungsvorrichtung **1** die Werkstücke **6** beidseitig zu belichten.

Bei dieser Ausführung der Erfindung gemäß **Fig. 4** stellt die Teilabbildung a) die parallel ablaufenden Prozesse bezüglich des ersten Tisches **21** und des zweiten Tisches **22** dar. Während auf dem aus dem Bearbeitungsgehäuse **7** ausgefahrenen ersten Tisch **21** ein Austausch des (einseitig) belichteten Werkstücks **62** gegen ein unbelichtetes Werkstück **61** erfolgt, findet am zweiten Tisch **22** zeitgleich der Belichtungsprozess statt, wobei der zweite Tisch **22** dem ersten Tisch **21** bei dessen Ausfahrtbewegung dichtauf gefolgt war und dabei die Abtastung der Zielmarken **33** (nur in **Fig. 8** gezeichnet) in der Registriereinheit **3** ermöglicht hatte.

Die Ent- und Beladung des ersten Tisches **21** geschieht mit zwei parallel (in x-Richtung) beweglichen Greifern **85** und **86**, wobei der Greifer **85** ein zuvor bereits auf dem Rollenförderer **82** vom Werkstückstapel **64** bereitgestelltes unbelichtetes Werkstück **61** (beispielsweise pneumatisch) aufnimmt und anhebt und der Greifer **86** zeitgleich dazu das auf dem ersten Tisch **21** liegende einseitig belichtete Werkstück **62** in gleicher Weise aufnimmt und anhebt. Beide Greifer **85**, **86** verfahren dann in x-Richtung (quer zur Tischbewegungsrichtung) so weit, bis der Greifer **85** das unbelichtete Werkstück **61** an der richtigen Stelle auf dem Tisch **21** ablegen und der Greifer **86** das einseitig belichtete Werkstück **62** dem Rollenförderer **82** auf der anderen Seite des Tisches **21** übergeben kann. Während dieser Austauschprozedur ist der zweite Tisch **22** bereits durch die Belichtungseinheit **41** hindurch gefahren und beendet seine Ausfahrtbewegung durch Verlassen des Bearbeitungsgehäuses **7**. Dieser Zustand ist in Teilabbildung b) von **Fig. 4** erreicht. Unmittelbar der Ausfahrtbewegung des zweiten Tisches **22** ist aber bereits der erste Tisch **21** in kurzen Abstand gefolgt und hat dabei die Registriereinheit **3** und die Belichtungseinheit **41** durchquert, wobei ausschließlich die Registriereinheit **3** ihre Aufgabe der Zielmarkenabtastung „On the Fly“ erledigt hat, um für die in der Belichtungseinheit **41** nach der Richtungsumkehr des ersten Tisches **21** durchzuführende Belichtung das in der Rechnereinheit **5** entsprechend den Zielmarkenabweichungen angepasst berechnete Belichtungsmuster zur Verfügung zu stellen.

An dem ausgefahrenen zweiten Tisch **22** erfolgt in dieser Zeitperiode die Entnahme des beidseitig belichteten Werkstückes **63** und das parallel dazu ausgeführte Auflegen des über den Rollenförderer **82** vom ersten Tisch **21** transportierten einseitig belichteten Werkstücks **62**, das auf dem Weg zum zweiten Tisch **22** gewendet worden ist. Die Drehung des einseitig belichteten Werkstücks **62** ist durch die Wendeeinrichtung **83** erfolgt, die

im Rollenförderer **82** in den Lücken von unterteilten Rollen integriert und als eine an einer Längsseite gedrehte gabelförmige Wendeklappe **831** ausgebildet ist. Eine vergrößerte Detailansicht dieser bevorzugten Ausführung ist in **Fig. 5** dargestellt und wird nachfolgend genauer beschrieben.

Zum Ent- und Beladen des zweiten Tisches **22** sind wiederum zwei Greifer **85, 86** wie auf der Seite am ersten Tisch **21** parallel in x-Richtung beweglich und vorzugsweise mit pneumatischen Elementen ausgestattet, wobei der Greifer **86** das beidseitig belichtete Werkstück **63** aufnimmt und der Greifer **85** das einseitig belichtete Werkstück **62** vom Rollenförderer **82** anhebt und beide gleichsinnig in x-Richtung soweit verfahren werden, bis das einseitig belichtete Werkstück **62** an der richtigen Stelle des zweiten Tisches **22** abgelegt werden kann und das beidseitig belichtete Werkstück **63** den separaten Abschnitt des Rollenförderers **82** als Ablage vorfindet, sodass beide Werkstücke **62** und **63** abgelegt werden können und der nächste Zyklus gemäß der Teilabbildung a) von **Fig. 4** beginnt.

[0030] **Fig. 5** zeigt eine bevorzugte Ausführung der zu **Fig. 4** erwähnten Wendeeinrichtung **83**. Diese Wendeeinrichtung **83** ist als eine gabelförmige Wendeklappe **831** ausgebildet, die um eine in der Ebene des Rollenförderers **82** liegende längsseitige Drehachse **832** um 180° geschwenkt werden kann. Die gabelförmige Wendeklappe **831** ist im liegenden Zustand in Lücken von unterteilten Rollen des Rollenförderers **82** zur Hälfte versenkbar, sodass ein ankommendes einseitig belichtetes Werkstück **62** in die offene Gabel der Wendeklappe **831** einlaufen kann. Ist das geschehen, wird die gabelförmige Wendeklappe **831** um ihre eine Längskante mit der Drehachse **832** geschwenkt, bis die Wendeklappe **831** auf dem fortgesetzten Rollenförderer **82** in gleichfalls vorhandene Lücken zwischen unterteilten Rollen des Rollenförderers **82** eintaucht und das einseitig belichtete Werkstück **62** - jetzt mit der belichteten Seite nach unten - wieder auf den Rollen des Rollenförderers **82** abgelegt ist und frei auslaufen kann. Diese Art der Werkstückwendung hat den entscheidenden Vorteil, dass beim Drehvorgang das einseitig belichtete Werkstück **62** an der Stelle der Drehachse **832** nicht verharrt, sondern während der Drehung nahezu im gleichen Tempo weiterbewegt wird. Es tritt also keine Transportverzögerung ein, womit die Handhabungszeiten durch die Wendung des einseitig belichteten Werkstücks **62** im Vorgang des Tischwechsels für die Rückseitenbelichtung nicht vergrößert werden. Der einzige begrenzende Faktor dieser Wendeeinrichtung **83** für den Durchsatz an zu drehenden Werkstücken **62** ist das Zeitintervall des Verschwenkens mit dem Werkstück **62** und des Zurückklappens ohne Werkstück, da für dieses Zeitintervall kein weiteres Werkstück **62** in den Bereich der Wendeklappe **831** einlaufen darf. Dieses Zeitintervall wird jedoch allein durch die Dauer des Belichtungsprozesses freigehalten, sodass die Limitierung hier keine Wirkung im Transportweg entfaltet.

[0031] **Fig. 6** zeigt noch eine weitere Modifikation der Wendeklappe **831**, um auch einen Weitertransport von Werkstücken **62** ohne Wendung zu ermöglichen. Dazu ist zwischen der längsseitigen Drehachse **832** und der gabelförmigen Wendeklappe **831** ein durchgängiger Schlitz **833** eingearbeitet, der genau in der Ebene der Rollenoberseite des Rollenförderers **82** liegt. Für den ungewendeten Weitertransport von Werkstücken **62** muss die Wendeklappe **831** dann nur um 90° geschwenkt und somit vertikal aufgerichtet werden. Damit wird der Schlitz **833** freigegeben und das Werkstück **62** kann ungehindert und unverändert die Wendeeinrichtung **83** passieren.

[0032] **Fig. 7** zeigt eine gegenüber **Fig. 1** modifizierte Bearbeitungsvorrichtung **1** in den zu **Fig. 1** analogen Ablaufdarstellungen. Die Modifikation von **Fig. 7** besteht darin, dass die Registriereinheit **3** aus zwei separierten Registriereinrichtungen **34** besteht, die jeweils den Ausgängen des Bearbeitungsgehäuses **7** direkt zugeordnet sind, während die Bearbeitungseinheit **4** wie in den bisherigen Beispielen in der Mitte der Bearbeitungsvorrichtung **1** liegt, aber in diesem Ausführungsbeispiel als eine Ink-Jet-Einheit **42** ausgebildet ist, mit der Farb- oder andere gesteuerte Materialbeschichtungen, wie z.B. auch LIFT-Ablagerungen, realisiert werden können. Die Ent- und Beladung der Tische **21** und **22** erfolgt in gleicher zeitlicher Reihenfolge wie zu **Fig. 1** beschrieben. Aufgrund der zweiteilten Registriereinheit **3** sind die separaten Registriereinrichtungen **34** für jeden der Tische **21** und **22** sogleich am Beginn der Einfahrbewegung wirksam. Somit kann beispielsweise der erste Tisch **21**, wie in Teilabbildung a) gestrichelt dargestellt, die Zielmarken **33** bereits aufnehmen, wenn sich der zweite Tisch **22** noch im Bearbeitungsprozess befindet. Der Unterschied zwischen der gestrichelten Ausgangsposition und der durchgezogenen vorgefahrenen Position des ersten Tisches **21** entspricht in etwa der Zeiteinsparung an Nebenzeiten, die aufgrund der früheren Startzeit des ersten Tisches **21** unmittelbar mit dem Bearbeitungsbeginn des zweiten Tisches **22** zustande kommt. Tatsächlich ist sie jedoch etwas kleiner, da die Registrierung mit höherer Geschwindigkeit des ersten Tisches **21** gegenüber der Bearbeitungsgeschwindigkeit des zweiten Tisches **22** stattfindet, sodass die reale Startzeit des ersten Tisches **21** später liegt, damit der erste Tisch **21** den zweiten Tisch **22** während der Bearbeitung nicht einholt.

Infolge einer früheren Startzeit des ersten Tisches **21** kann aber die Registrierung neu organisiert werden, sodass auch ein langsameres Abtasten der Zielmarken **33** oder sogar ein Anhalten des ersten Tisches **21** möglich wäre, falls die Zielmarken **33** in mehr als zwei Reihen (jeweils an den Kanten des Werkstücks **6**) an-

gebracht sind. In einem solchen Fall könnte der erste Tisch **21** sogar anhalten, um eine oder zwei Kameras **31** entlang einer Verstelleinrichtung in x-Richtung zu verfahren, damit alle verfügbaren Zielmarken **33** aufgenommen werden können.

Eine solche Situation tritt real ein, wenn als Werkstück **6** ein Leiterplatten-Nutzen erzeugt wird, bei dem auf einem Werkstück **6** mehrere (z.B. 4, 8, oder 16) separate Leiterplatten zu bearbeiten sind, für die jeweils vier Zielmarken **33** auf dem entsprechenden Abschnitt angebracht sind. Dabei wären Zielmarken **33** an mehreren Positionen in x-Richtung an einigen y-Positionen der Tischbewegung zu detektieren und könnten von einer oder zwei (während der Registrierung beweglichen) Kameras **31** abgetastet werden, ohne dass die zusätzliche Querabtastung weitere Nebenzeiten verursacht.

Die vorstehend gemachten Betrachtungen zur Nebenzeitreduzierung durch kürzere Tischfolgezeiten des ersten Tisches **21** auf den zweiten Tisch **22** trifft für die umgekehrte Konstellation gemäß Teilabbildung b) von **Fig. 7** genauso zu, obwohl diese Tischfolgebewegung nicht in gleicher Weise wie in Teilabbildung a) eingezeichnet ist.

[0033] Die **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen schematisch das bevorzugte Funktionsprinzip der Registriereinheit **3**. In diesem Beispiel wird vorausgesetzt, dass die Zielmarken **33** auf dem Werkstück **6** in lediglich zwei Spuren entlang der Werkstückkanten in der Tischbewegungsrichtung (y-Richtung) vorhanden sind, sodass die Registrieraufgabe mit zwei Kameras **31** erfüllt werden kann. Die Kameras **31** sind auf Kameraverstelleinrichtungen **32** montiert, sodass sie quer zur Tischbewegungsrichtung, also in x-Richtung, auf die Maße der Werkstücke **6** und auf jede beliebige Position der darauf aufgebrachten Zielmarken **33** einstellbar sind. In der Regel ist die Einstellung nur einmal pro Werkstücklos oder Bearbeitungsjob erforderlich und die Einstellung bleibt im Prozess der Registrierung unverändert.

Als Abtast- oder Detektoreinheiten sind in der Registriereinheit **3** je nach Anzahl der Spuren von Zielmarken **33** zwei oder mehrere Kameras **31** mit Flächen- oder Linearsensoren eingesetzt.

In der bevorzugten, in **Fig. 8** für die Variante mit nur zwei Kameras **31** gezeichneten Ausführung wird mit den Kameras **31** ein positionsgetriggertes Aufnahmeverfahren angewendet, d.h. an vorgegebenen Positionen des ersten Tisches **21** wird während der Bewegung ein Beleuchtungsblitz erzeugt, der das Kamerabild „einfriert“. Typische Blitzzeiten sind dabei kleiner als 5 µs. Im Anschluss werden die Bilddaten ausgelesen und eine neue Aufnahme vorbereitet.

Als Zielmarken **33** werden bevorzugt kreisförmige Marken oder Durchgangslöcher verwendet. Die dabei zu beachtende Zeittaktung und Verzerrung der Zielmarkenabbildung ist in **Fig. 9** dargestellt. Eine durch die Tischbewegung entstehende Zielmarkenverzerrung muss insofern eingerechnet werden, dass die Integrationszeit der Sensoren der Kameras **31** nicht zu kurz gewählt ist, wobei die Integrationszeit durch die entsprechende Blitzdauer eingestellt wird. Dazu wird die Triggerung der Signale wie folgt vorgenommen.

[0034] Der Maßstab A („Ruler“) ist Teil des Positioniersystems des ersten und des zweiten Tisches **21, 22**. Eine Steuerelektronik zur Positionserfassung kann durch externe Triggersignale aktuelle Positionen des Tisches **21, 22** während der Bewegung aufzeichnen (Positionen (I), (II), (III) entlang des Taktsignals, Maßstab A, des Positioniersystems der Tische **21, 22**).

Bei der Durchfahrt des Tisches **21, 22** mit dem aufgelegten Werkstück **6** unter der Registriereinheit **3** wird an der erwarteten Zielmarkenposition (Zielmarke **33** befindet sich im Erfassungsbereich (FOV) der jeweiligen Kamera **31**) ein Triggersignal „Messanforderung“ (Measure Request) generiert und die Position (I) wird im Positionsauftakesignal B gespeichert. Dasselbe Triggersignal wird der Kameraelektronik (Framegrabber) als Bildauslesesignal C übergeben. Die Kamera **31** erhält dadurch das Shutterignal E und öffnet daraufhin den Verschluss (Shutter) zur Bildaufnahme. Dabei kommt vorzugsweise eine Kamera **31** mit sog. „globalem Shutter“ zum Einsatz. Zusätzlich erfolgt mit einer kurzen Zeitverzögerung zur steigenden Flanke des Shuttersignals E mittels des Blitzsteuersignals D die Auslösung eines kurzen Lichtblitzes zur Beleuchtung der Zielmarke **33** des Werkstücks **6**. Die steigende Flanke des Blitzsteuersignals D generiert ein zweites Triggersignal, das zur Abspeicherung der Tischposition (II) führt. Die abfallende Flanke des Blitzsteuersignals D erzeugt schließlich ein drittes Triggersignal, das zur Abspeicherung der Tischposition (III) benutzt wird.

Die Integrationszeit E der Kamera **31** ist immer länger eingestellt als die maximal mögliche Blitzdauer des Blitzsteuersignals D. Während des gesamten Vorganges wird die Bildaufnahme für die auf dem Werkstück **6** vorhandene Zielmarke **33** zeitlich und geometrisch verzerrt, weil der Tisch **21, 22** parallel in Bewegung ist. Es entsteht sowohl eine zeitliche Positionsdifferenz durch interne Signallaufzeiten: Position (II) - Position (I) als auch eine geometrische Verzerrung der Abbildung in der Kamera **31** durch die Länge der Blitzzeit: Position (III) - Position (II).

Die tatsächliche, für die Position der Zielmarke **33** auf dem Werkstück **6** vorhandene Zielmarkenposition berechnet sich folgendermaßen:

Zielmarkenposition = „ermittelte Position im Bildfeld“ - Summe der Verzerrungen aus

Zeitverzug der Biltzauslösung + Markenmittenverschiebung aus halber Blitzdauer

$$ZP = [Pos. II - Pos. I] + [(Pos. III - Pos. II) / 2]$$

[0035] Für ein häufig anzutreffendes bevorzugtes Leiterplatten-Layout, wie es in **Fig. 10** schematisch dargestellt ist, bei dem das gesamte Werkstück **6** in vier Quadranten unterteilt ist, die für sich mehrere Einzelleiterplatten enthalten können, werden für die Bearbeitung sechzehn Zielmarken **33** verwendet. Diese sind jeweils an den Ecken jedes Quadranten angeordnet. In dieser Konstellation werden dann gemäß **Fig. 10** drei Flächen-Kameras **31** verwendet, von denen mindestens die mittlere Kamera **31** innerhalb eines entsprechend großen Bildfeldes (FOV) vier Zielmarken **33** gleichzeitig erfassen können muss, wenn diese an der Nahtstelle aller vier Quadranten nebeneinander liegen. Das Registrierschema läuft hier in den drei Streifen der Zielmarken **33** genauso wie für die zweistufige Variante ab. Im Fall des bevorzugten Leiterplatten-Layouts mit vier Quadranten müssen bei der Bewegung des Tisches **21** mit dem kompletten Leiterplatten-Nutzen unter den Kameras **31** hindurch insgesamt neun Bildzonen erfasst werden - jede der dabei vorhandenen drei Kameras **31** erfasst dann nacheinander jeweils drei Bildzonen mit den enthaltenen Zielmarken **33** in der Konstellation **1-2-1, 2-4-2** und **1-2-1**. Dabei ist es nicht erforderlich, das gesamte Leiterplattensubstrat lückenlos zu erfassen. Die Geschwindigkeit des Tisches **21** kann dadurch höher sein, als zunächst durch die Bildfolgefrequenz der Kameras **31** bestimmt. Solche Registrierverfahren sind bei Direktbelichtungsanlagen der Fa. Orbotech seit langem eingesetzt, wobei das Prinzip der nach der Zielmarkenerfassung durchzuführenden Datenverarbeitung z.B. in der WO 2003/094582 A2 und der US 7 508 515 B2 beschrieben ist.

[0036] In **Fig. 11** ist die Anordnung von zwei nebeneinander beweglichen Greifern **85** und **86**, die für das bereits in **Fig. 4** bezüglich des Ablaufprozesses beschriebene Handhabungssystem **8** auf Basis von Rollenförderern **82** verwendet wird, in einer Detaildarstellung gezeigt. Die gewünschte Verkürzung der Handhabung im Bereich der Ent- und Beladung der Tische **21** und **22** wird dabei so organisiert, dass die Greifer **85, 86** entlang der x-Richtung (quer zur Tischbewegungsrichtung) verfahrbar sind und die Bewegungslänge größer als eine Tischbreite ausgelegt ist. Im Folgenden wird nur der Ent- und Beladungsvorgang des ersten Tisches **21** beschrieben, für den zweiten Tisch **22** gilt die Verfahrensweise analog.

Beim Entladen eines einseitig belichteten Werkstücks **62** vom Tisch **21** wird durch parallele kollineare Bewegung der beiden Greifer **85, 86**, die unabhängig beweglich sind, aber vorzugsweise gekoppelt geführt werden, ein unbelichtetes Werkstück **61** von einem Zuführungsbereich des Rollenförderers **82** synchron mit dem Aufnehmen des einseitig bearbeiteten Werkstücks **62** vom Tisch **21** abgehoben, wie in der Teilabbildung a) von **Fig. 11** dargestellt. Danach werden beide Greifer **85** und **86** gleichzeitig in x-Richtung über dem ersten Tisch **21** hinweg bewegt. Dabei verlässt das einseitig bearbeitete Werkstück **62** den Tischbereich und wird über den Rollenförderer **82** verschoben, während das unbelichtete Werkstück **61** an die vorbestimmte Stelle des ersten Tisches **21** verfahren wird, um dort vorzugsweise wieder synchron mit dem einseitig bearbeiteten Werkstück **62** abgelegt zu werden. Durch diese Doppelung der Greiferanordnung wird die Handhabung beim Ent- und Beladen der beiden Tische **21** und **22** so parallelisiert, dass keine zusätzliche Nebenzeiten entsteht.

Für den zweiten Tisch **22** gilt das vorstehend beschriebene in gleicher Weise, mit dem einzigen Unterschied, dass im Falle der zweiseitigen Bearbeitung von Werkstücken **6** ein beidseitig bearbeitetes Werkstück **63** entladen und der zweite Tisch **22** mit einem einseitig bearbeiteten Werkstück **62** beladen wird. Die Bewegungsabläufe der Greifer **85** und **86** sind absolut identisch zu denen des ersten Tisches **21**.

[0037] Mit der erfindungsgemäßen Bearbeitungsvorrichtung **1** sind außer der hier bevorzugt beschriebenen Bearbeitung von Leiterplatten alle anderen Bearbeitungsprozesse von plattenförmigen Werkstücken **6** mit umfasst, soweit ein zeilenweiser linearer Bearbeitungspfad quer zur Tischbewegungsrichtung und eine mit Zielmarken **33** unterstützte Ausrichtung oder Kontrolle der Ausrichtung der Werkstücke **6** zum Bearbeitungspfad vorgesehen sind und dabei zur Erhöhung des Werkstückdurchsatzes der Bearbeitungsvorrichtung **1** mittels einer Zweitischlösung auf einer gemeinsamen Schienenanordnung **23** eine Effizienzsteigerung des Bearbeitungsprozesses durch Minimierung von Handhabungszeiten und Nebenzeiten, gegebenenfalls mit einem Tisch-zu-Tisch-Transport zur doppelseitigen Werkstückbearbeitung durch dieselbe Bearbeitungsvorrichtung **1**, erreicht wird.

Bezugszeichenliste

- | | |
|----|---|
| 1 | Bearbeitungsvorrichtung (für plattenförmige Werkstücke) |
| 2 | (bewegliches) Tischsystem |
| 21 | (erster) Tisch |

22	(zweiter) Tisch
23	(gemeinsame) Schienenanordnung
3	Registriereinheit
31	Kamera
32	Kameraverstelleinrichtung
33	Zielmarke
34	(separierte) Registriereinrichtung
4	Bearbeitungseinheit
41	Belichtungseinheit
42	Ink-Jet-Einheit
5	Rechnereinheit
6	Werkstück
61	unbearbeitetes/unbelichtetes Werkstück
62	einseitig bearbeitetes/belichtetes Werkstück
63	beidseitig bearbeitetes/belichtetes Werkstück
64	Werkstückstapel
7	Bearbeitungsgehäuse
71	Cleaner
8	Handhabungssystem
81	Gelenkarmroboter
811	Gelenkarm
812	(doppelseitiger) Kopf
82	Rollenförderer
83	Wendeeinrichtung
831	(gabelförmige) Wendeklappe
832	(längsseitige) Drehachse
833	Schlitz
84	Greifer (des Gelenkarmroboters 81)
85, 86	(parallel betriebene) Greifer
9	Maschinengehäuse

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 0951054 A1 [0004]
- EP 0722123 B1 [0004]
- US 6806945 B2 [0004]
- JP 2010181519 A [0004]
- JP 2009092723 A [0004]
- WO 2003/094582 A2 [0035]
- US 7508515 B2 [0035]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken, die ein bewegliches Tischsystem zur Aufnahme eines plattenförmigen Werkstücks und über dem beweglichen Tischsystem eine Registriereinheit zum Erfassen von Zielmarken sowie eine Bearbeitungseinheit mit einem steuerbaren Bearbeitungspfad zur Bearbeitung des Werkstücks aufweist und eine Rechnereinheit zur Steuerung der Ausrichtung zwischen Bearbeitungseinheit und Werkstück und örtlicher Differenzierung einer vorgegebenen Bearbeitung in Abhängigkeit von einer aufgrund der registrierten Zielmarken ermittelten Lage des Werkstücks enthält, **dadurch gekennzeichnet**, dass das bewegliche Tischsystem (2) zwei gleichartige Tische (21, 22) auf einer gemeinsamen Schienenanordnung (23) mit einem linearen Schienenbereich unterhalb von Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) aufweist, sodass die Tische (21, 22) abwechselnd geradlinig entlang einer Tischbewegungsrichtung vollständig unter Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) hindurch fahrbar und durch die Rechnereinheit (5) unabhängig voneinander steuerbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechnereinheit (5) mit Mitteln zur unabhängigen Steuerung der beiden Tische (21, 22) bezüglich Richtungssinn, Geschwindigkeit der Tischbewegung sowie abwechselnder Ein- und Ausfahrt der Tische (21, 22) zwecks Be- und Entladung von plattenförmigen Werkstücken (6) ausgestattet ist, um plattenförmige Werkstücke (6) von zwei gegenüberliegenden Seiten der gemeinsamen Schienenanordnung (23) der Registrierung der Zielmarken (33) bei der Einfahrbewegung und der zeilenweisen Bearbeitung bei der Ausfahrbewegung in Abhängigkeit von der ermittelten Position der Zielmarken (33) sowie einer Be- und Entladung des jeweils vollständig aus einem Bearbeitungsgehäuse (7) ausgefahrenen Tisches (21, 22) zuzuführen.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) eine lineare Ausrichtung quer zur Tischbewegungsrichtung hat und wenigstens zwei Sensorbereiche aufweist, um Positionsmarken mindestens in lateralen Kantenbereichen der Tische (21, 22) oder darauf befindlicher plattenförmiger Werkstücke (6) bei Durchfahrt eines der Tische (21, 22) unter der Registriereinheit (3) räumlich zu erfassen.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) parallel zur Registriereinheit (3) angeordnet ist und einen steuerbaren Bearbeitungspfad quer zur Tischbewegungsrichtung aufweist, um zeilenweise eine Bearbeitung des plattenförmigen Werkstücks (6) durchzuführen.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) mit Kameras (31) zur Detektion von Positionen der Zielmarken (33) des plattenförmigen Werkstücks (6) ausgestattet ist, wodurch mittels der Rechnereinheit (5) und Voreinstellungen der Werkstückgröße die Lage des Werkstücks (6) erkennbar und ein Signal zur Beendigung der Einfahrbewegung und Einleitung der Ausfahrbewegung eines der Tische (21, 22) zur Durchführung der vorgegebenen Bearbeitung erzeugbar ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechnereinheit (5) eine Verzögerungseinrichtung für die Richtungsumkehr der Einfahr- zur Ausfahrbewegung aufweist, mit der die Richtungsumkehr in Abhängigkeit vom Abstand zwischen Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) erst auslösbar ist, wenn eine hintere Kante des plattenförmigen Werkstücks (6) den Bearbeitungspfad der Bearbeitungseinheit (4) oder den Detektionsbereich der Registriereinheit (3) überschritten hat, je nachdem, welcher von beiden zuletzt durchfahren wurde.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Rechnereinheit (5) unterschiedliche Geschwindigkeitsregimes für Einfahr- zur Ausfahrbewegung der Tische (21, 22) enthält, die an eine Abtastgeschwindigkeit der Registriereinheit (3) und eine vordefinierte Bearbeitungsgeschwindigkeit der Bearbeitungseinheit (4) angepasst sind, wobei die mittlere Geschwindigkeit der Einfahrbewegung höher als die mittlere Geschwindigkeit der Ausfahrbewegung gewählt ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) eine Blitzbeleuchtung aufweist, um die Zielmarkenabtastung auf solche Bereiche der Tische (21, 22) oder darauf befindlicher plattenförmiger Werkstücke (6) zu beschränken, in denen Zielmarken (33) zu erwarten sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass einer der Tische (21, 22) innerhalb des Bearbeitungsgehäuses (7) bei der Einfahrbewegung zur Abtastung der Zielmarken (33) mittels der Registriereinheit (3) und bei der Ausfahrbewegung zur zeilenweisen Bearbeitung mittels der Bearbeitungs-

einheit (4) vorgesehen ist, wobei der andere der Tische (21, 22) im ausgefahrenen Zustand außerhalb des Bearbeitungsgehäuses (7) einer Be- und Entladung der Werkstücke (6) zugeführt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass zwei quer zur Tischbewegung parallel arbeitende Greifer (84; 85, 86) zur Be- und Entladung jeweils eines Tisches (21, 22) an jeder Ausgangsseite der gemeinsamen Schienenanordnung (23) außerhalb des Bearbeitungsgehäuses (7) vorhanden sind.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Transportsystem zur Bereitstellung der plattenförmigen Werkstücke (6) für eine beidseitige Bearbeitung außerhalb des Bearbeitungsgehäuses (7) und innerhalb eines äußeren Maschinengehäuses (9) vorhanden ist, mit dem einseitig bearbeitete Werkstücke (62) von der einen an die andere Ausgangsseite der gemeinsamen Schienenanordnung (23) unter Vornahme einer Wendebewegung überführbar sind.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Transportsystem zwei Gelenkarmroboter (81) vorhanden sind, die einen doppelseitigen, drehbaren Kopf (812) aufweisen, der durch Drehung des Kopfes (812) zur Entnahme eines bearbeiteten Werkstücks (62; 63) und zum Auflegen eines noch nicht fertig bearbeiteten Werkstücks (61; 62) ausgebildet ist, und die durch Übergabe einseitig bearbeiteter Werkstücke (62) von einem Gelenkarmroboter (81) zum anderen für eine inhärente Wendebewegung vorgesehen sind.

13. Vorrichtung nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Transportsystem ein einseitig neubengeordneter Rollenförderer (82) vorhanden ist, der mit jeweils einer Doppelanordnung von quer zur Tischbewegung beweglichen Greifern (85, 86) zur Entnahme eines bearbeiteten Werkstücks (62; 63) und zum Auflegen eines noch nicht fertig bearbeiteten Werkstücks (61; 62) ergänzt ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Rollenförderer (82) eine Wendeeinrichtung (83) als eine gabelförmige Wendeklappe (831) integriert ist, die an einer Längsseite der Wendeklappe (831) in der Rollenebene des Rollenförderers (82) schwenkbar ist, wobei das plattenförmige Werkstück (6) mittels Förderrollen des Rollenförderers (82) in Gabelöffnungen der gabelförmigen Wendeklappe (831) einfahrbar und nach einer Schwenkbewegung der Wendeklappe (831) aus den Gabelöffnungen ausfahrbar ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wendeeinrichtung (83) als eine gabelförmige Wendeklappe (831) so ausgebildet ist, dass sie an ihrer Längsseite in der Rollenebene schwenkbar und in einer 90°-Position zur Förderebene feststellbar ist, wobei das plattenförmige Werkstück (6) mittels der Förderrollen des Rollenförderers (82) durch einen Schlitz (833) zwischen schwenbarer Längsseite und Gabelementen der gabelförmigen Wendeklappe (831) ohne Wendung hindurch fahrbar ist.

16. Vorrichtung einem der Ansprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass außerhalb des Bearbeitungsgehäuses (7) an jeder Ausgangsseite der gemeinsamen Schienenanordnung (23) des Tischsystems (2) quer zur Tischbewegungsrichtung bewegliche Greifer (85, 86) zur Beladung und Entladung des jeweils ausgefahrenen Tisches (21, 22) vorhanden sind, die für das gleichzeitige Entnehmen eines bearbeiteten Werkstücks (62; 63) und Auflegen eines nicht oder nicht fertig bearbeiteten Werkstücks (61) an jeder Ausgangsseite der gemeinsamen Schienenanordnung (23) jeweils als Doppelanordnung von parallel betriebenen Greifern (85, 86) ausgebildet sind.

17. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) und die Bearbeitungseinheit (4) als unmittelbar nebeneinander befindliche parallele Doppelteinheit in der Mitte über der gemeinsamen Schienenanordnung (23) des Tischsystems (2) angeordnet sind, um die beiden Tische (21, 22) von beiden Seiten mit jeweils einer und derselben Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) abzutasten und zu bearbeiten, wobei beim „On-the-Fly“-Registrier- und Bearbeitungsregime bei der Tisch einfahrbewegung erfasste und gegenüber einem auszuführenden Bearbeitungsmuster abweichende Orte der Zielmarken (33) unmittelbar bei der Tischausfahrbewegung zu berücksichtigen sind, um die Abweichungen der Lage der Zielmarken (33) für die Ausrichtung des Bearbeitungsmusters durch Einrechnung der Abweichungen in die Daten des Bearbeitungsmusters anzupassen.

18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) in zwei Registriereinrichtungen (34), die zu beiden Seiten der Bearbeitungseinheit (4) angeordnet sind, aufgeteilt ist, sodass das Regime aus Registrierung „On the Fly“ und Bearbeitung für beide Tische (21, 22) zeitgleich, aber alternativ abwechselnd realisierbar ist.

19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Registriereinheit (3) für die Zielmarkenabtastung mindestens zwei auf einer Linie quer zur Tischbewegungsrichtung angeordnete Kameras (31) aufweist, wobei die Position entlang der Linie in Abhängigkeit von der zu erwartenden Lage der Zielmarken (33) auf dem Werkstück (6) einstellbar ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kameras (31) mit einer Blitzeinrichtung ausgestattet sind, um Bildaufnahmen bei schneller Tischbewegung mit kurzen Verschlusszeiten zu ermöglichen.

21. Vorrichtung nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kameras (31) mit einer Blitzeinrichtung ausgestattet sind, um Bildaufnahmen mit kurzen Verschlusszeiten bei schneller Tischbewegung in Längsrichtung und zusätzlich Bildaufnahmen quer zur Tischbewegung bei langsamer oder angehaltener Tischbewegung zu ermöglichen, wenn mehrere Zielmarken (33) nicht im Kantenbereich des einen Tisches (21; 22) oder Werkstücks (6) angebracht sind und sich der andere Tisch (21, 22) im Bearbeitungsregime befindet.

22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) als zeilenweise scannende Belichtungseinheit (41) ausgebildet ist, um photoempfindliche Schichten mit einem Belichtungsmuster zu versehen.

23. Vorrichtung nach Anspruch 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Belichtungseinheit (41) eine steuerbare Lichtquelle zur Belichtung von Werkstücken (6) mit einem mittels eines Polygonspiegels gescannten Laserstrahl aufweist.

24. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) als Laserbearbeitungseinheit ausgebildet ist, um Werkstücke (6) mittels eines gesteuerten Laserstrahls durch Laserablation oder Laserschneiden zu bearbeiten.

25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) als Materialablagerungseinheit ausgebildet ist, um Werkstücke (6) mittels gesteuerten Materialauftrags zu bearbeiten.

26. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) als Laserbearbeitungseinheit nach der LIFT-Technologie ausgebildet ist, um feste Materialien von Spenderschichtsubstraten durch gesteuerte laserinduzierte Vorwärtsübertragung als Beschichtungsmuster auf Werkstücke (6) aufzutragen.

27. Vorrichtung nach Anspruch 25, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Bearbeitungseinheit (4) als eine Ink-Jet-Einheit (42) ausgebildet ist, um flüssige Materialien mittels steuerbarer Düsen als Beschichtungsmuster auf Werkstücke (6) aufzutragen.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

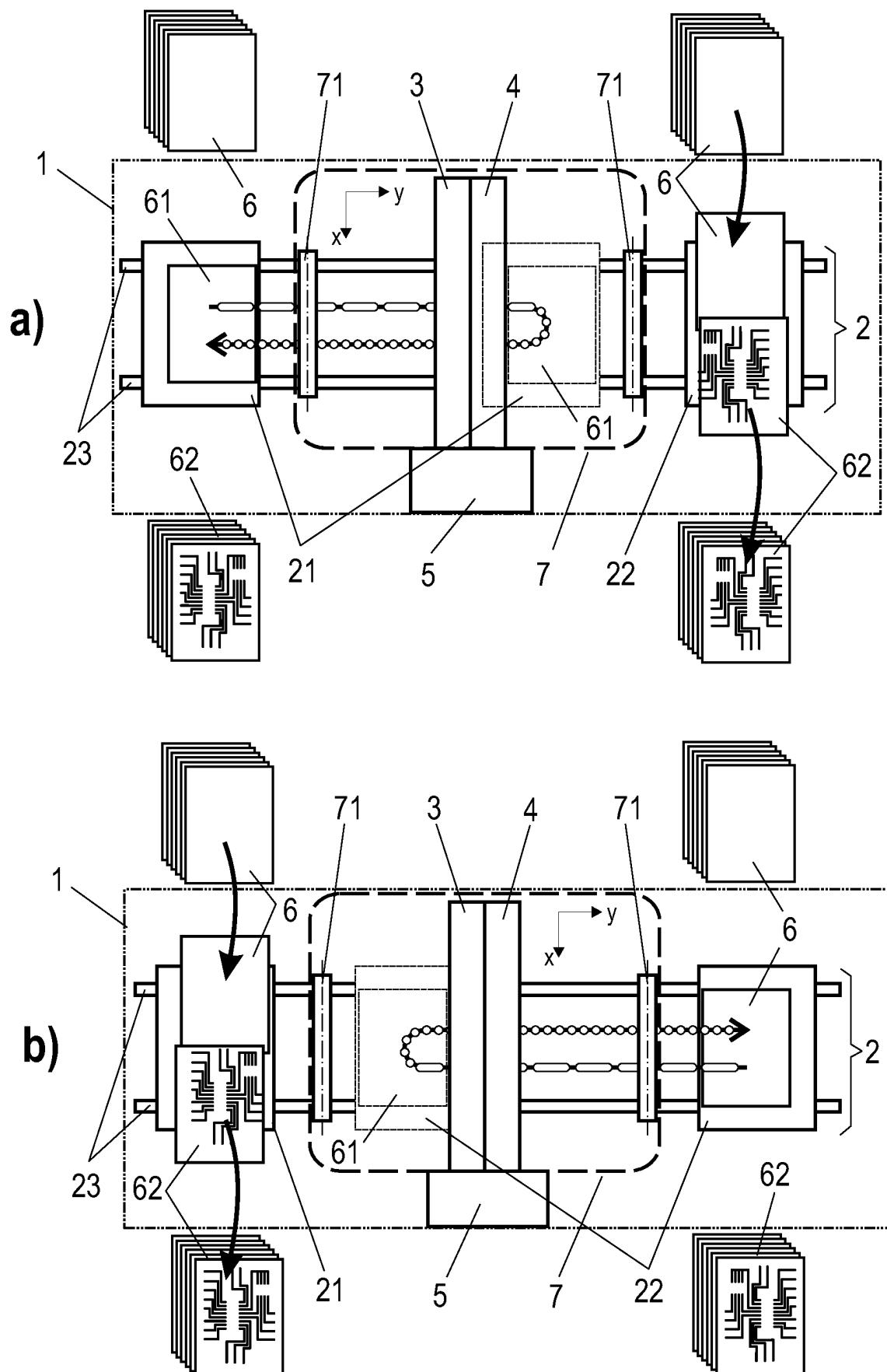
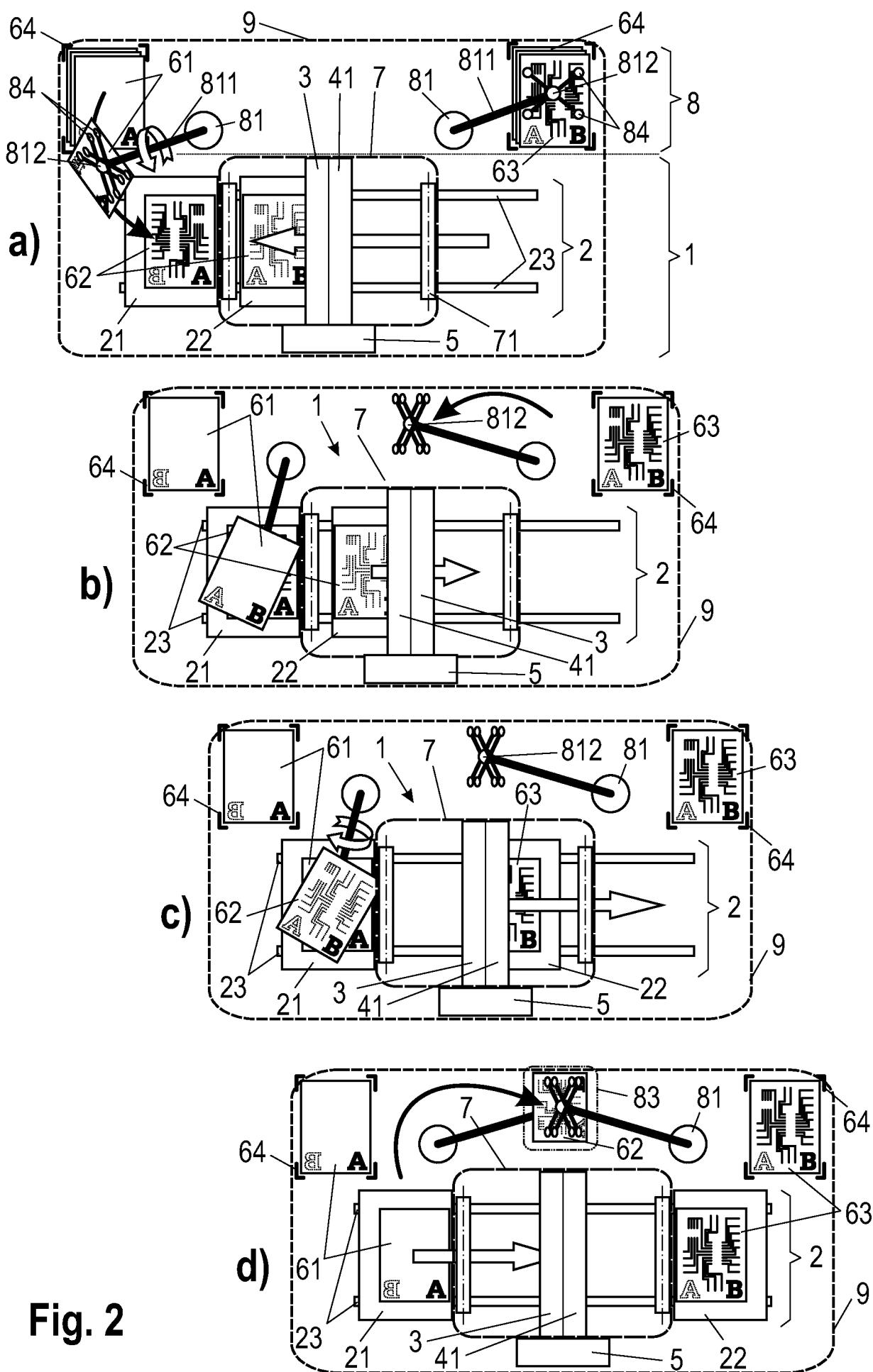
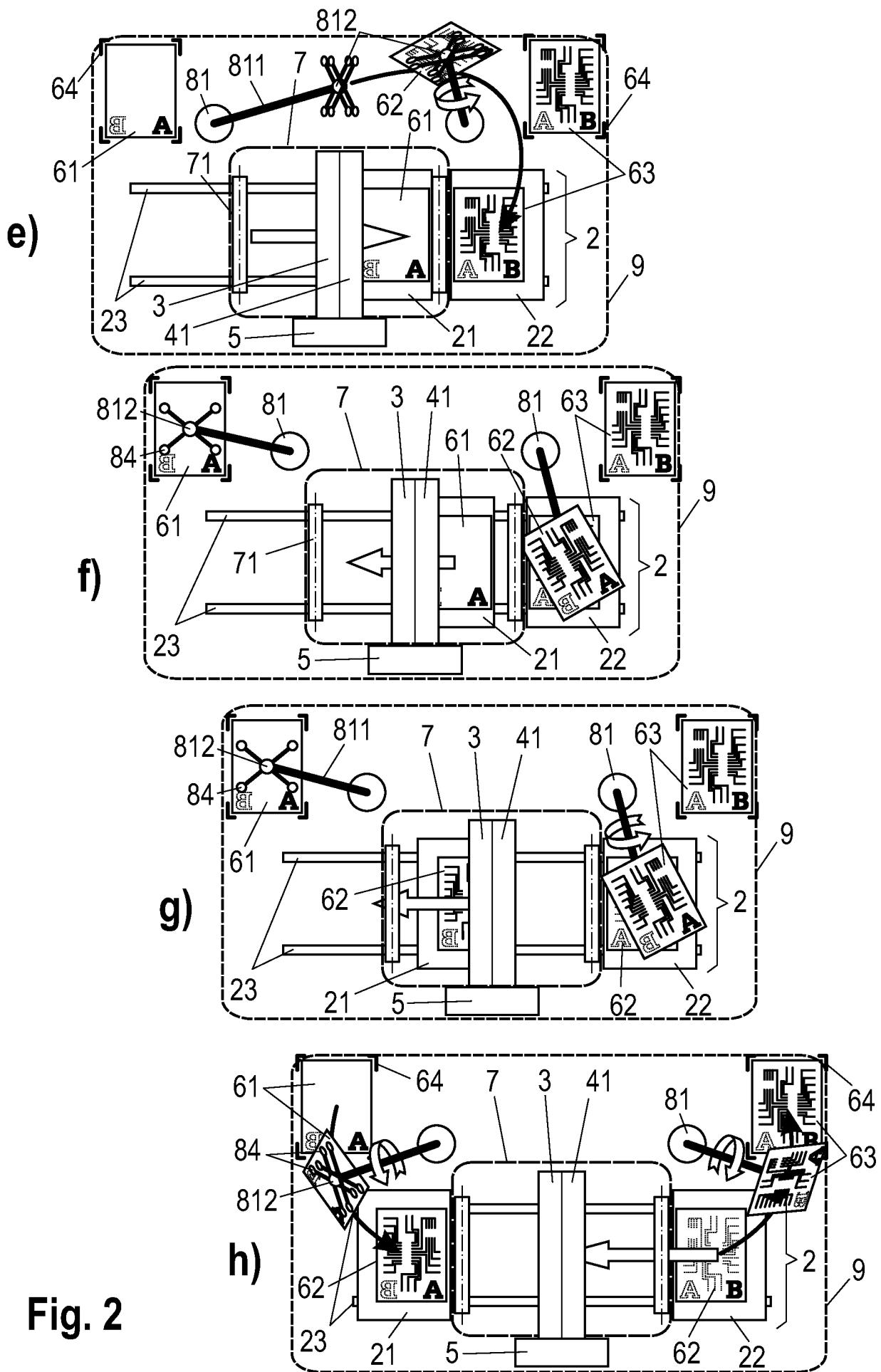
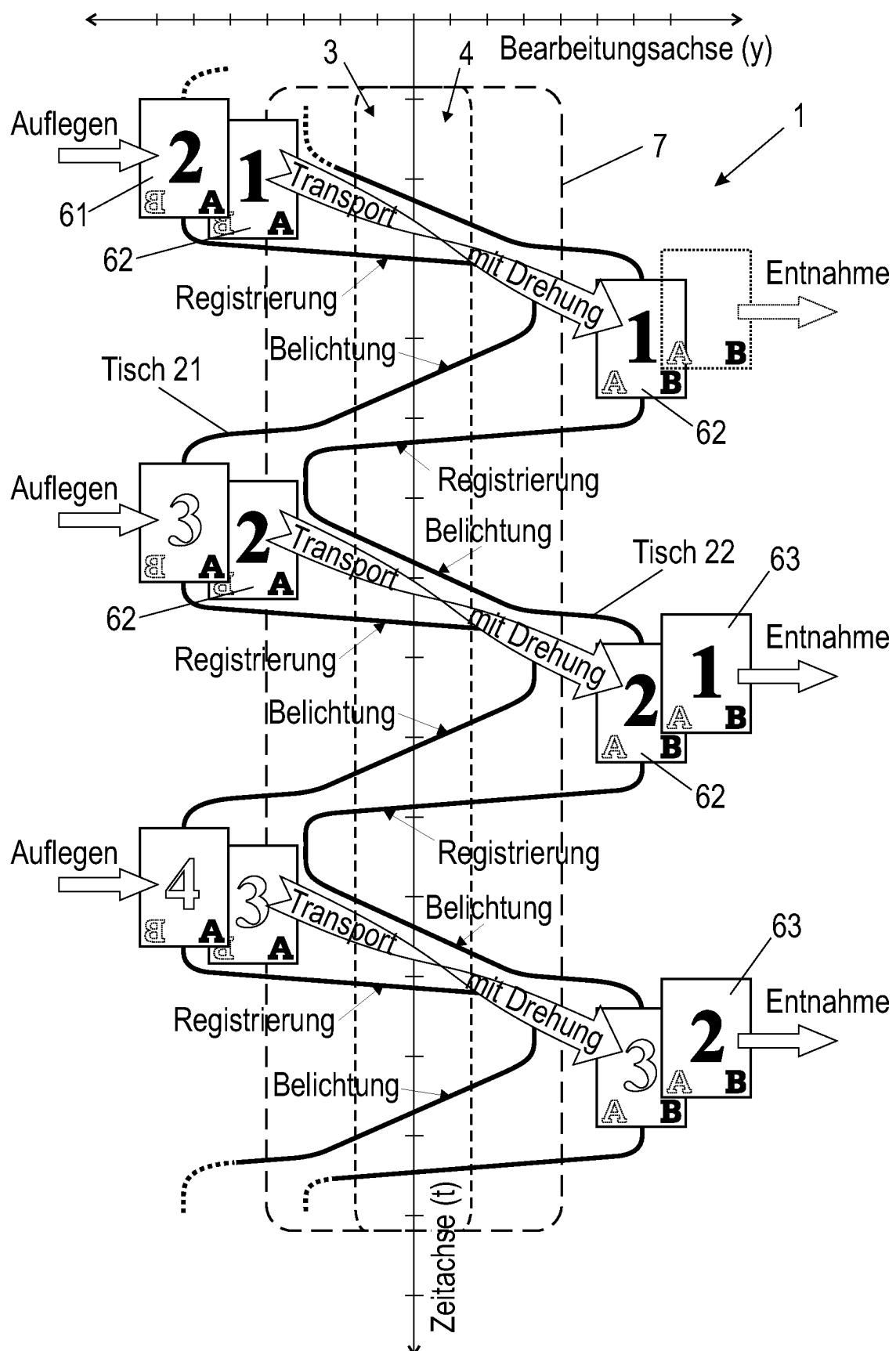
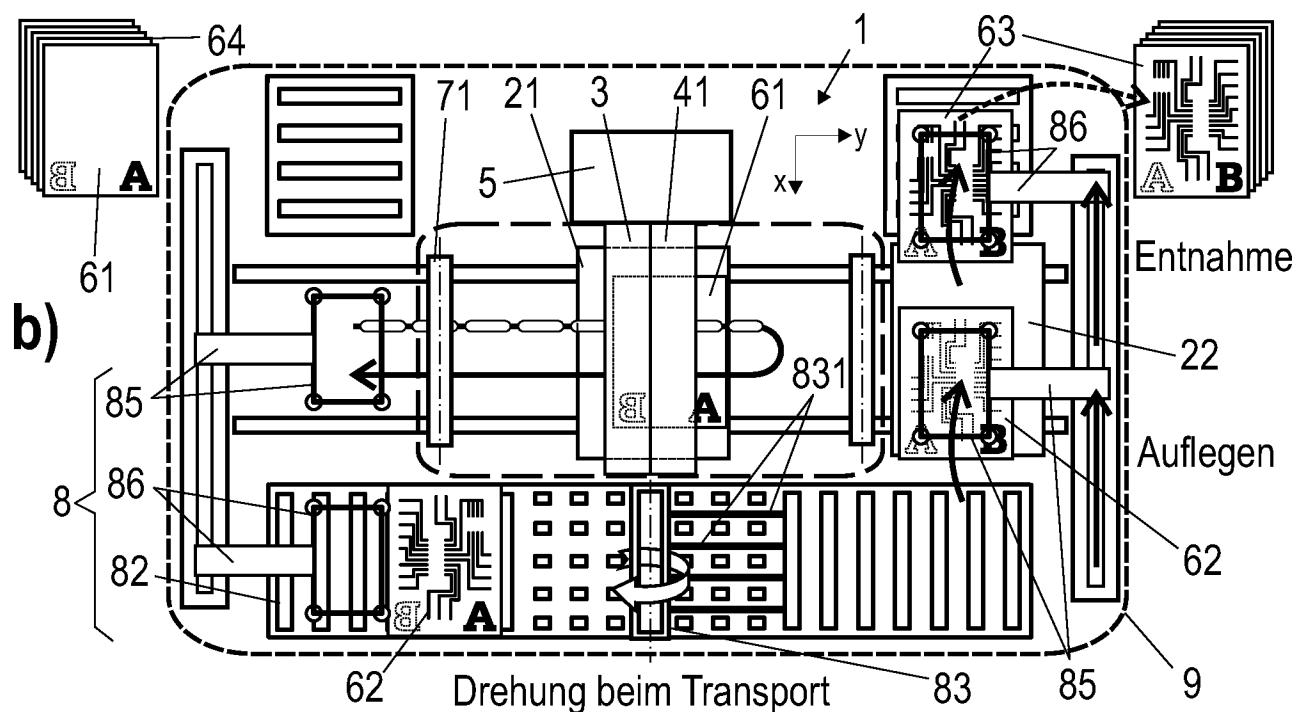
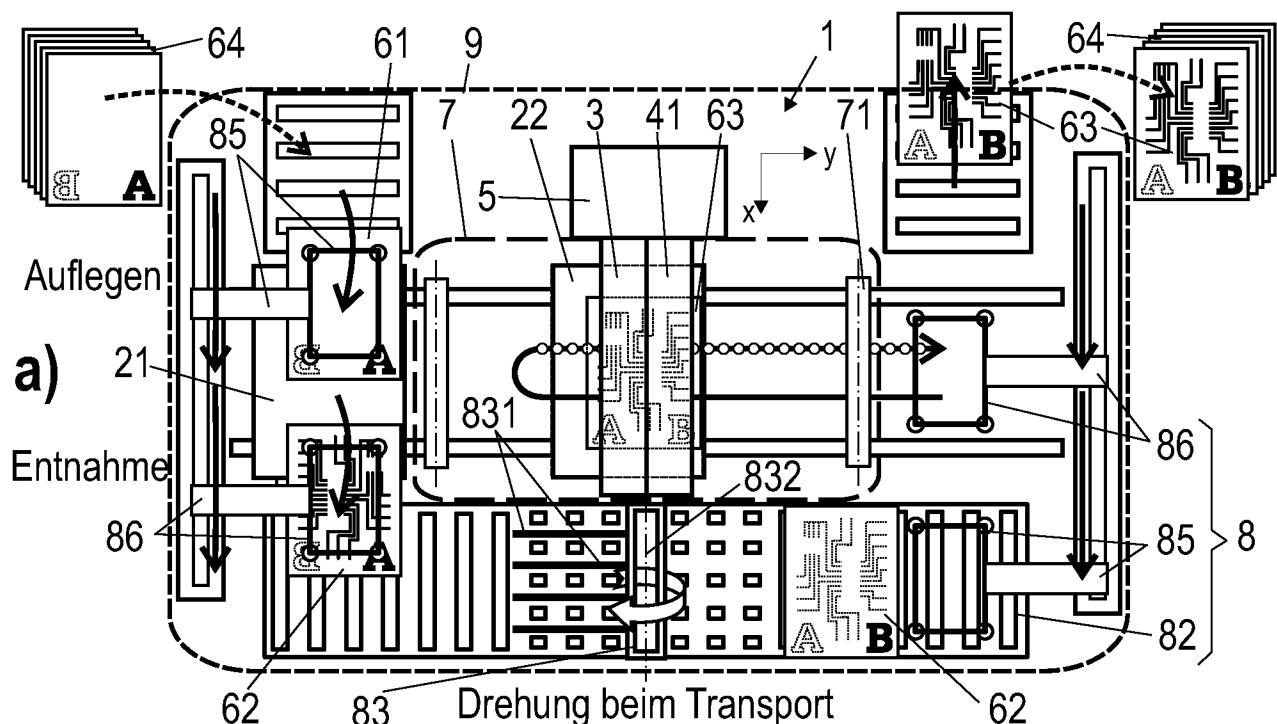


Fig. 1

**Fig. 2**

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4**

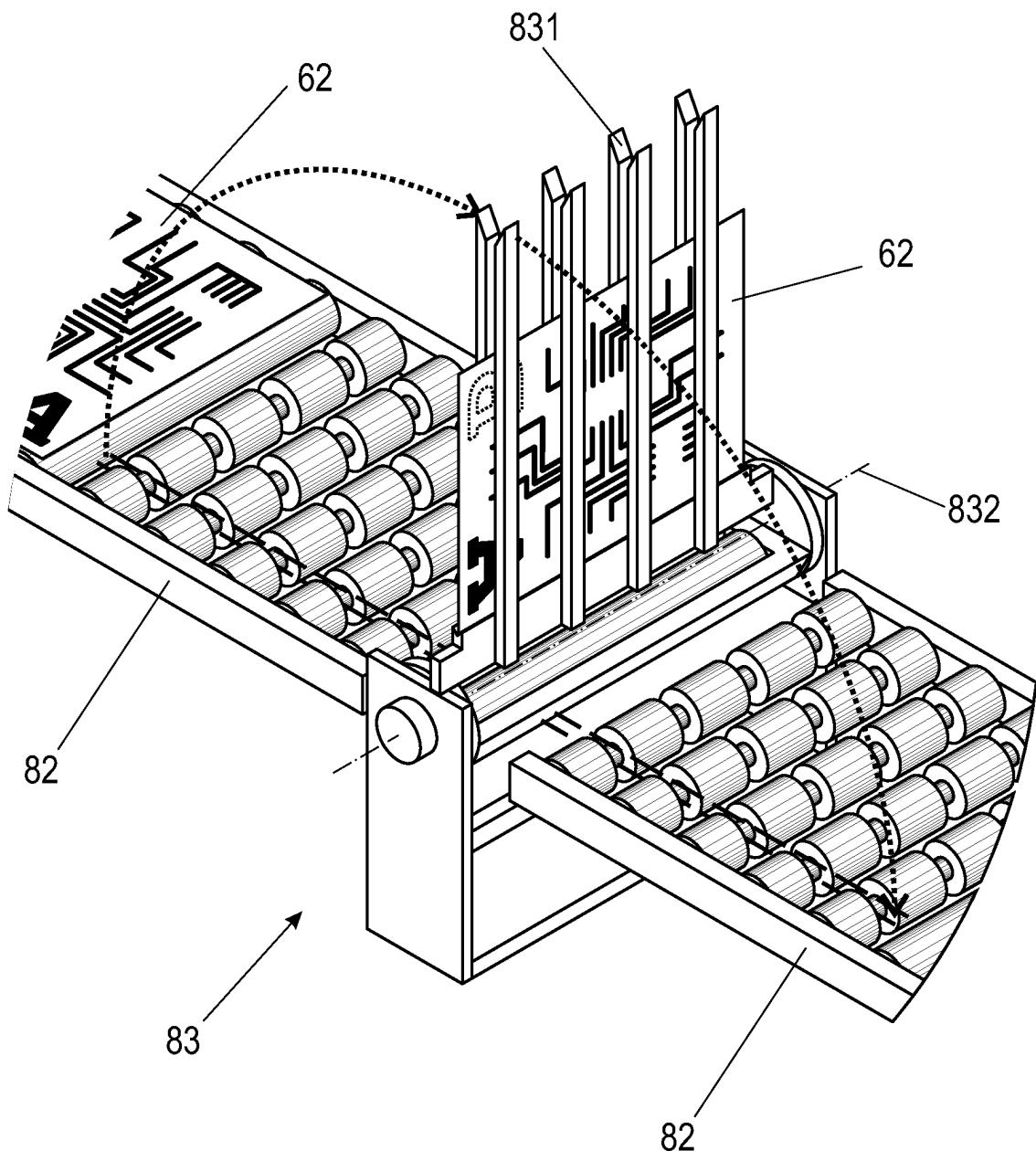


Fig. 5

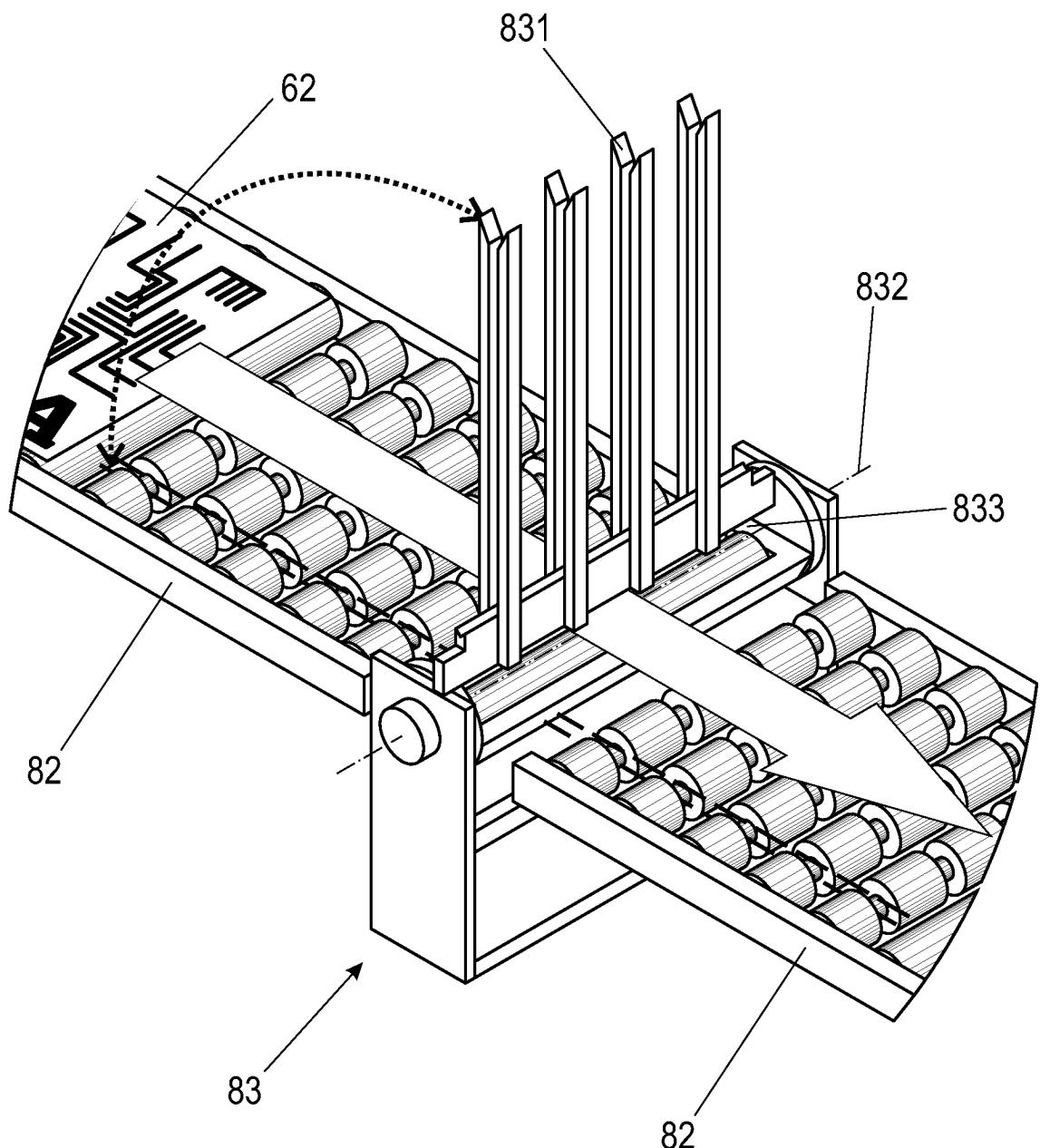
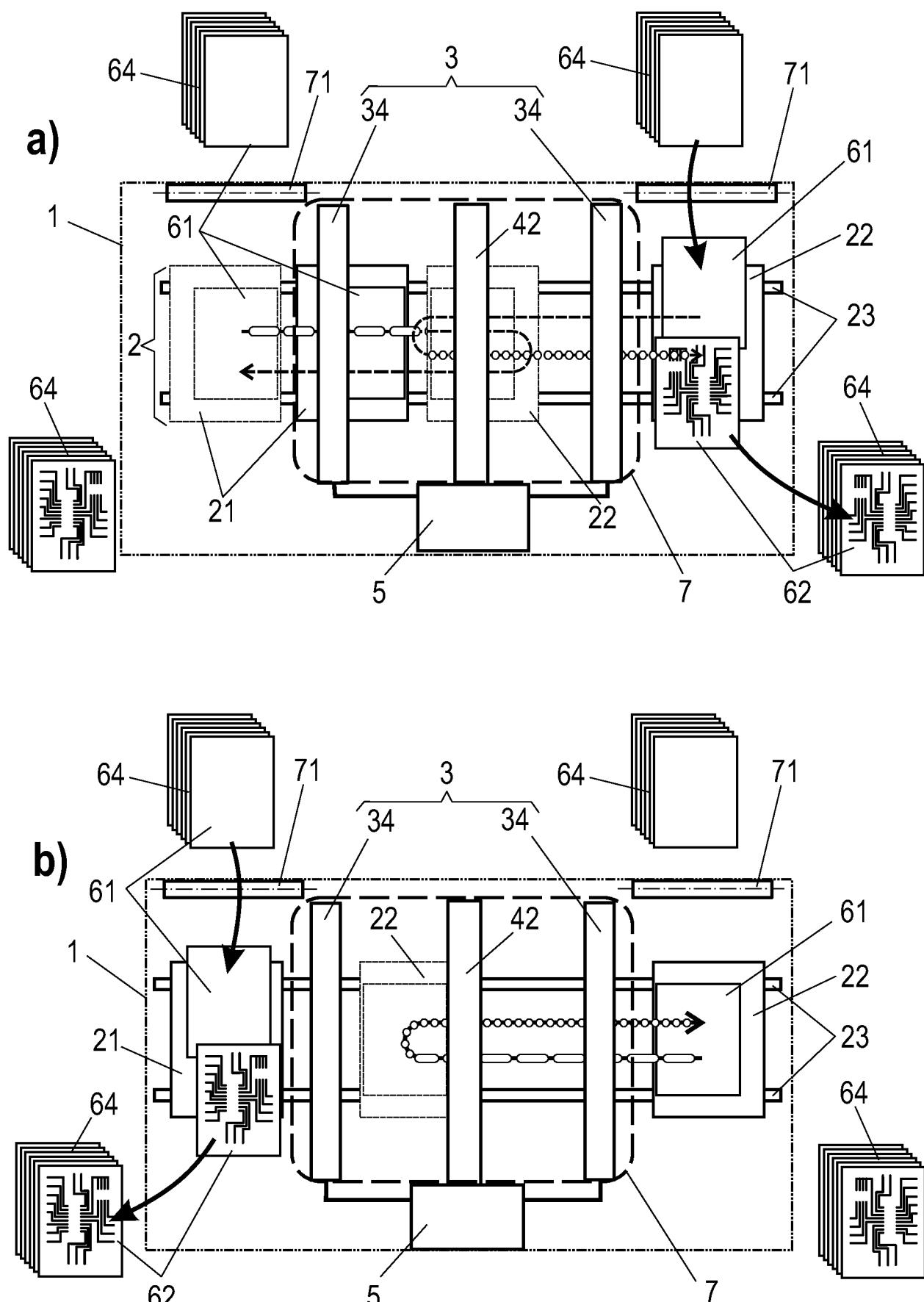


Fig. 6

**Fig. 7**

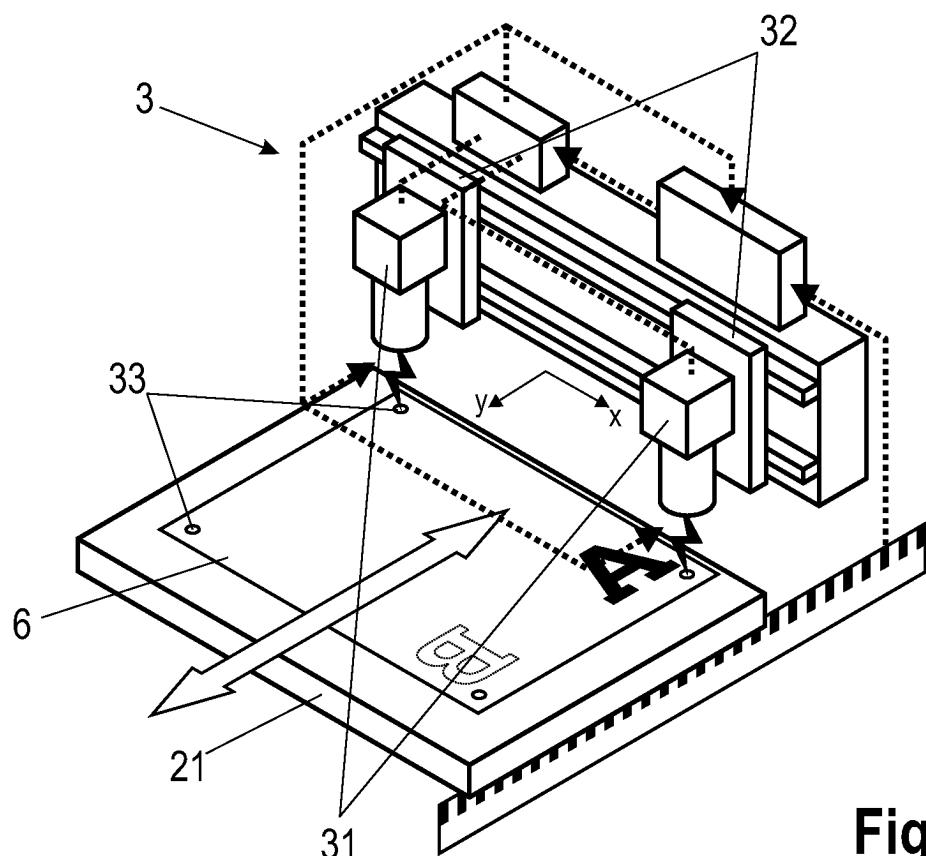


Fig. 8

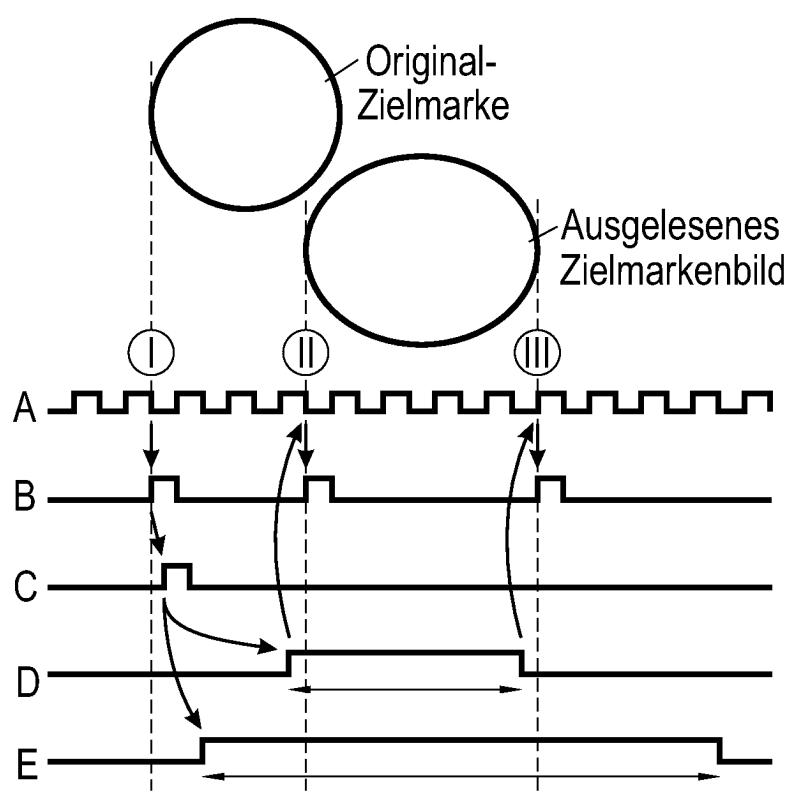


Fig. 9

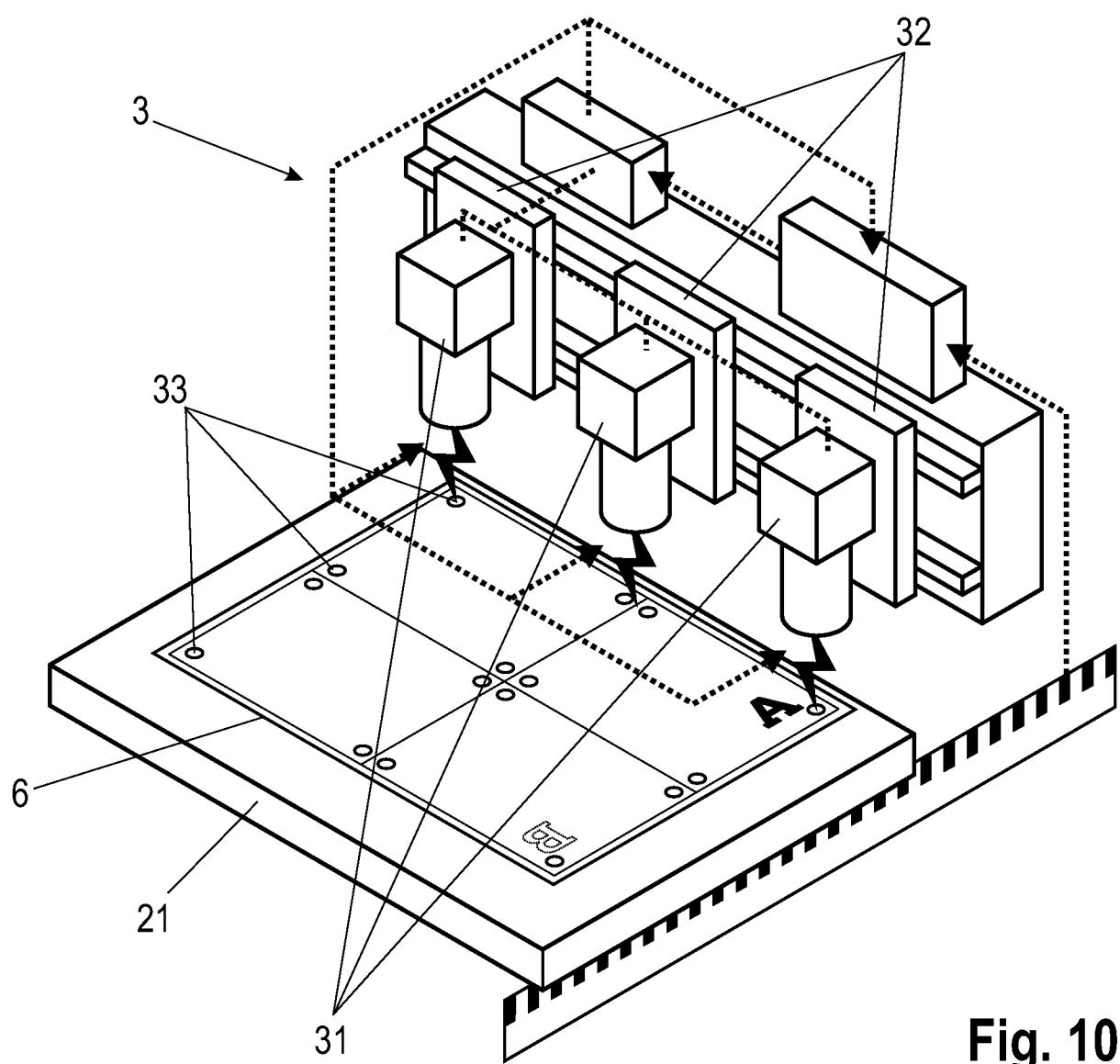


Fig. 10

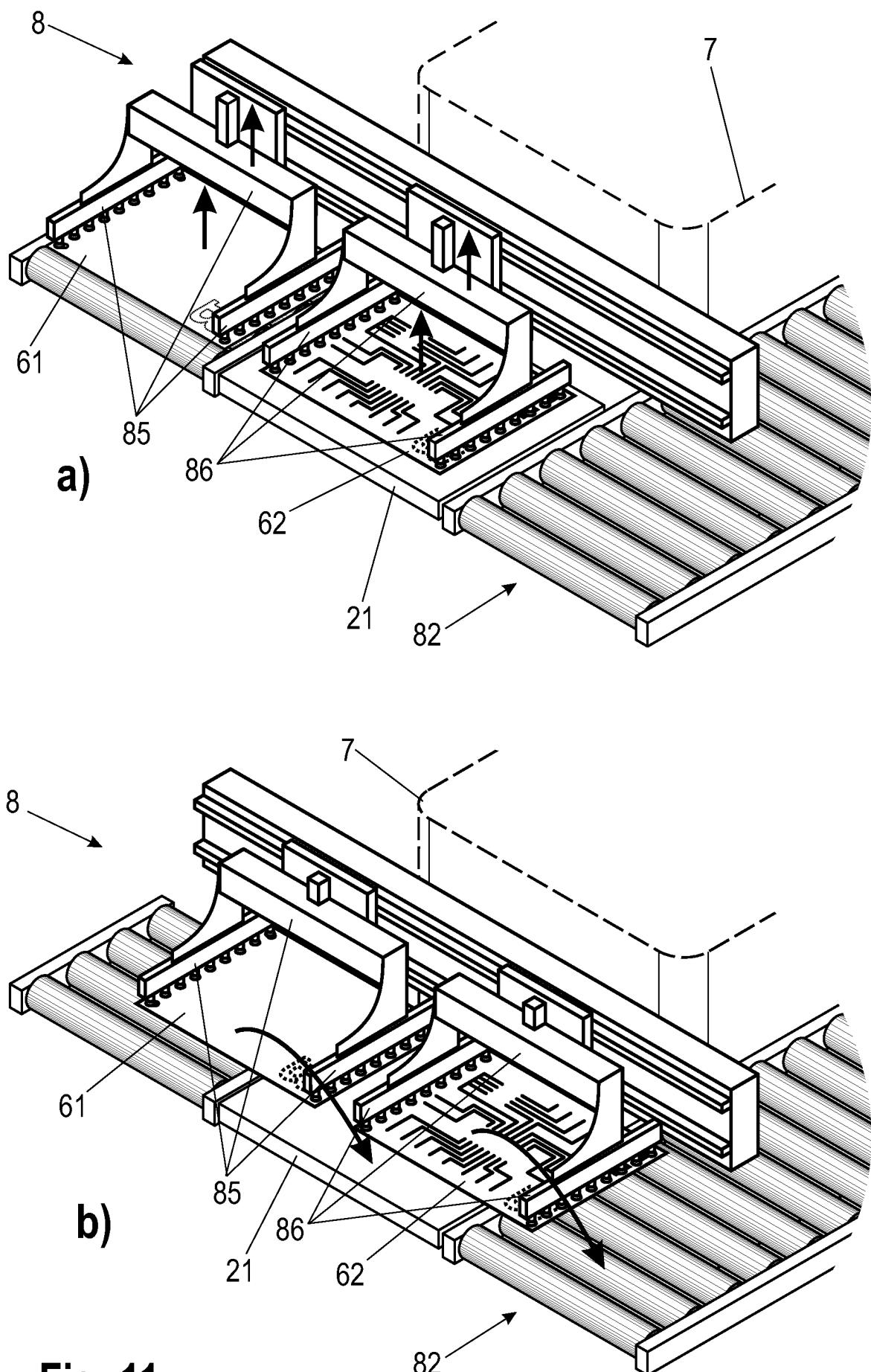


Fig. 11