

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Juni 2020 (18.06.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/119863 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

G03F 7/20 (2006.01) C23C 16/04 (2006.01)  
G03F 9/00 (2006.01) C23C 16/48 (2006.01)  
B23K 26/08 (2014.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2019/101076

(22) Internationales Anmeldedatum:  
11. Dezember 2019 (11.12.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 132 001.9  
12. Dezember 2018 (12.12.2018) DE

(71) Anmelder: **LASER IMAGING SYSTEMS GMBH**  
[DE/DE]; Friedrich-Hund-Straße 3, 07745 Jena (DE).

(72) Erfinder: **RÜCKER, Steffen**; Dorfstraße 61, 07751 Groß-  
löbichau (DE). **KLOWSKY, Uwe**; Zur Lämmerlaide 13,  
07751 Jena (DE).

(74) Anwalt: **FREITAG, Joachim** et al.; Neugasse 13, 07743  
Jena (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,  
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,  
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,  
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,  
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT,  
LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI,  
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,  
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Erklärungen gemäß Regel 4.17:**

— hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu  
beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii)

(54) Title: DEVICE FOR EXPOSING PLANAR WORKPIECES AT A HIGH THROUGHPUT RATE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG ZUM BELICHTEN VON PLATTENFÖRMIGEN WERKSTÜCKEN MIT HOHEM  
DURCHSATZ

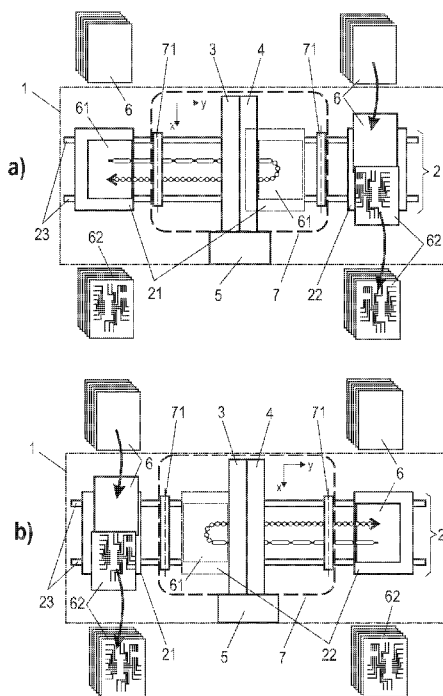


Fig. 1

(57) Abstract: The problem addressed by the invention is that of providing a new  
option for processing planar workpieces (6), in which a particularly high throughput  
rate and improved precision can be achieved using merely one processing unit (4).  
The problem is solved according to the invention in that a movable table system (2)  
comprises two identical tables (21, 22) on a common rail arrangement (23) having a  
linear rail region underneath a detection unit (3) and a processing unit (4), and there-  
fore the tables (21, 22) can be alternately moved in a straight line along the com-  
mon rail arrangement (23), in the same table-movement direction, fully underneath  
the detection unit (3) and processing unit (4), and can be independently controlled by  
a computer unit (5).

(57) Zusammenfassung: Die Aufgabe, eine neue Möglichkeit zum Bearbeiten von  
plattenförmigen Werkstücken (6) bereitzustellen, bei der mit nur einer Bearbeitungse-  
inheit (4) ein besonders hoher Durchsatz und eine verbesserte Genauigkeit erreichbar  
ist, wird erfindungsgemäß gelöst, indem ein bewegliches Tischsystem (2) zwei  
gleichartige Tische (21, 22) auf einer gemeinsamen Schienenanordnung (23) mit ei-  
nem linearen Schienenbereich unterhalb von einer Registriereinheit (3) und einer Be-  
arbeitungseinheit (4) aufweist, sodass die Tische (21, 22) abwechselnd geradlinig ent-  
lang der gemeinsamen Schienenanordnung (23) in einer gleichen Tischbewegungs-  
richtung vollständig unter Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) hindurch-  
fahrbar und durch eine Rechneinheit (5) unabhängig voneinander steuerbar sind.

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

## Vorrichtung zum Belichten von plattenförmigen Werkstücken mit hohem Durchsatz

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.

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 Nebenzeit. Die Nebenzeit 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.

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 Partikelstrahl 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.

Für das Herstellen von Leiterbahnen oder kleinster elektronischer Strukturen auf plattenförmigen Werkstücken, wie Leiterplatten oder Wafern, 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 Belichtungs Vorgangs 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 Strahlteiler 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.

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.

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 Rechneinheit 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 der gemeinsamen Schienenanordnung in einer gleichen Tischbewegungsrichtung vollständig unter

Registriereinheit und Bearbeitungseinheit hindurch fahrbar und durch die Rechneinheit unabhängig voneinander steuerbar sind.

Vorteilhaft ist die Rechneinheit 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.

Die Registriereinheit ist vorteilhaft mit Kameras zur Detektion von Positionen der Zielmarken des plattenförmigen Werkstücks ausgestattet, wodurch mittels der Rechneinheit 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.

Zweckmäßig weist die Rechneinheit 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 Rechneinheit 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.

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.

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.

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.

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 Rollenför-

derers 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.

Außerhalb des Bearbeitungsgehäuses sind an jeder Ausgangsseite der Schienenanordnung des Tischsystems quer zur Tischbewegungsrichtung bewegliche Greifer zur Beladung und Entladung des jeweils ausgefahrenen 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 Doppeleinheit in der Mitte über der Schienenanordnung des Tischsystems angeordnet, um die beiden Tische von beiden Seiten mit jeweils ein 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 Tisch-

bewegung bei langsamer oder angehaltener Tischbewegung vorgesehen, wenn mehrere Zielmarken nicht im Kantenbereich des Tisches oder Werkstücks angebracht sind und sich der andere Tisch im Bearbeitungsregime befindet.

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 Materialablageeinheit 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 Vorwärtsübertragung 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.

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 Erfindung wird diese Problemstellung gelöst, indem zwei Tische in einer Ebene auf einer gemeinsamen Linearführung 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 der Linearführung und können sich während der Bewegung bis auf einen vorgegebenen Minimalabstand einander nähern, die gleiche Bewegungsrichtung mit gleichem oder



entgegengesetztem Richtungssinn und 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.

Für die Maximierung der Maschineneffizienz bzw. des Werkstückdurchsatzes ist auch eine Verringerung der Verfahrswege 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 Gesamtfahrwege 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 Erfindung größere Verfahwege der Tische einplanen gegenüber einem bevorzugt einsetzbaren Polygonscanner, der ein Strahlenbündel 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 Verfahweg 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 Lötstoppparkern usw..

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.

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.

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 achteilige 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 Pfeilen 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: Darstellung 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 separierte Registriereinrichtung für die Zielmarken der Werkstücke vorhanden ist, um zur Bearbeitung auf einem Tisch parallel 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.

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 10 dargestellt) sowie eine Bearbeitungseinheit 4, die als eine quer zur Tischbewegungsrichtung das Werkstück 6 zeilenweise scannende Bearbeitungsstation ausgebildet ist, und enthält eine Rechneinheit 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 einer gemeinsamen Linearführung) mit einem vorzugsweise aus zwei Schienen gebildeten linearen Schienenbereich in einer Ebene unterhalb der Registriereinheit 3 und der Bearbeitungseinheit 4 auf, sodass die Tische 21, 22 abwechselnd geradlinig entlang einer Tischbewegungsrichtung (y-Richtung) unabhängig voneinander entlang derselben Führungsschienen des als Linearführung ausgebildeten Tischsystems 2 bewegbar sind und während der Bewegung die gleiche Bewegungsrichtung mit gleichem oder unterschiedlichem Richtungssinn und mit gleichen oder unterschiedlichen Geschwindigkeiten aufweisen und jeweils 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 Sensor-

bereiche 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 4) zur Direktbelichtung eingesetzt sein. Alternativ kann die Bearbeitungseinheit 4 aber auch eine andere linear zeilenweise steuerbare Bearbeitungsstation aufweisen, wie z.B. eine Laserschneideinrichtung 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.

Die Rechneinheit 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 Rechneinheit 5 in Abhängigkeit von einer aufgrund der registrierten Zielmarken 33 ermittelten Lage des Werkstücks 6 gesteuert wird.

Des Weiteren sorgt die Rechneinheit 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.

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 unbearbeiteten 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 Rechneereinheit 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 Rechner-

einheit 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 Rechneinheit 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 gleichen oder unterschiedlichen Richtungssinn entlang der gleichen Bewegungsrichtung haben.

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.

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 „gespiegelter 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.

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 hohlen Pfeil gekennzeichneten Einfahrriichtung 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 Ausfahrriichtung 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.

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 ausgefahrene 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 ablegt 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 Registriergeschwindigkeit einzufahren. Danach wiederholt sich der Gesamtprozess beginnend mit Teilabbildung a) von vorn.

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 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 hohlen Nummerierungen 3 und 4 verdeutlichen die parallel anlaufenden Prozesse der nächsten Werkstücke 6. Bei den Werkstücken mit den Bezugszeichen 61, 62, 63 wird die Unterscheidung zwischen unbelichtetem Werkstück 61, einseitig belichtetem Werkstück 62 und beidseitig belichtetem Werkstück 63 vorgenommen.

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 Ausfahrbewegung 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) soweit, 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 gegenüberliegenden Seite des Tisches 21 übergeben kann. Während dieser Austauschprozedur ist der zweite Tisch 22 bereits infolge seiner Bewegung entlang derselben Schienenanordnung 23 in der gleichen Bewegungsrichtung mit gleichem Richtungssinn mit vorgegebener, gegebenenfalls zu Tisch 21 unterschiedlicher Geschwindigkeit durch die Belichtungseinheit 41 hindurch gefahren und beendet seine Ausfahrbewegung durch Verlassen des Bearbeitungsgehäuses 7. Dieser Zustand ist in Teilabbildung b) von Fig. 4 erreicht. Unmittelbar der Ausfahrbewegung des zweiten Tisches 22 ist aber bereits der erste Tisch 21 in kurzem 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 Rechneinheit 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.

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  $180^\circ$  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 verharret, 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.

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  $90^\circ$  geschwenkt und somit vertikal aufgerichtet werden. Damit wird der Schlitz 833 freigegeben und das Werkstück 62 kann ungehindert und unverändert die Wendeeinrichtung 83 passieren.

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 zweigeteilten 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 Nebenzeit, 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 langsames 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) angebracht 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.

Die Figuren 8 und 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 vor-

gegebenen Positionen des ersten Tisches 21 wird während der Bewegung ein Beleuchtungsblitz erzeugt, der das Kamerabild „einfriert“. Typische Blitzzeiten sind dabei kleiner als 5  $\mu$ s. 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.

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 Registrierereinheit 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 Positionsaufnahmesignal B gespeichert. Dasselbe Triggersignal wird der Kameraelektronik (Framegrabber) als Bildauslesesignal C übergeben. Die Kamera 31 erhält dadurch das Shuttersignal 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 Positionsdivergenz 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:

$$\begin{aligned} \text{Zielmarkenposition} &= \text{„ermittelte Position im Bildfeld“} - \text{Summe der Verzerrungen aus} \\ &\quad \text{Zeitverzug der Blitzauslösung} + \text{Markenmittenverschiebung aus halber Blitzdauer} \\ \text{ZP} &= [\text{Pos. II} - \text{Pos. I}] + [(\text{Pos. III} - \text{Pos. II})/2] \end{aligned}$$

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 zweistreifige 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.

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 unbearbeitetes 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 unbearbeitete 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 Nebenzeit 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.

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 Zwei-Tisch-Lösung 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

## Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Bearbeiten von plattenförmigen Werkstücken, die ein bewegliches Tischsystem (2) zur Aufnahme eines plattenförmigen Werkstücks (6) und über dem beweglichen Tischsystem (2) eine Registriereinheit (3) zum Erfassen von Zielmarken (3) sowie eine Bearbeitungseinheit (4) mit einem steuerbaren Bearbeitungspfad zur Bearbeitung des Werkstücks (6) aufweist und eine Rechneinheit (5) zur Steuerung der Ausrichtung zwischen Bearbeitungseinheit (4) und Werkstück (6) und örtlicher Differenzierung einer vorgegebenen Bearbeitung in Abhängigkeit von einer aufgrund der registrierten Zielmarken (3) ermittelten Lage des Werkstücks (6) 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 der gemeinsamen Schienenanordnung (23) in einer gleichen Tischbewegungsrichtung vollständig unter Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) hindurch fahrbar und durch die Rechneinheit (5) unabhängig voneinander steuerbar sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Rechneinheit (5) mit Mitteln zur unabhängigen Steuerung der zwei 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 Einfahrtbewegung und der zeilenweisen Bearbeitung bei der Ausfahrtbewegung 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 Rechneinheit (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 Rechneinheit (5) eine Verzögerungseinrichtung für die Richtungsumkehr der Ein- 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 Rechneinheit (5) unterschiedliche Geschwindigkeitsregimes für Ein- 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 Bearbeitungseinheit (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 nebengeordneter 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 schwenkbarer 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 Doppeleinheit in der Mitte über der gemeinsamen Schienenanordnung (23) des Tischsystems (2) angeordnet sind, um die beiden Tische (21, 22) von beiden Seiten mit jeweils ein und derselben Registriereinheit (3) und Bearbeitungseinheit (4) 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 (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 Tischbewegungs-

richtung 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 -schneiden 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.



1/11

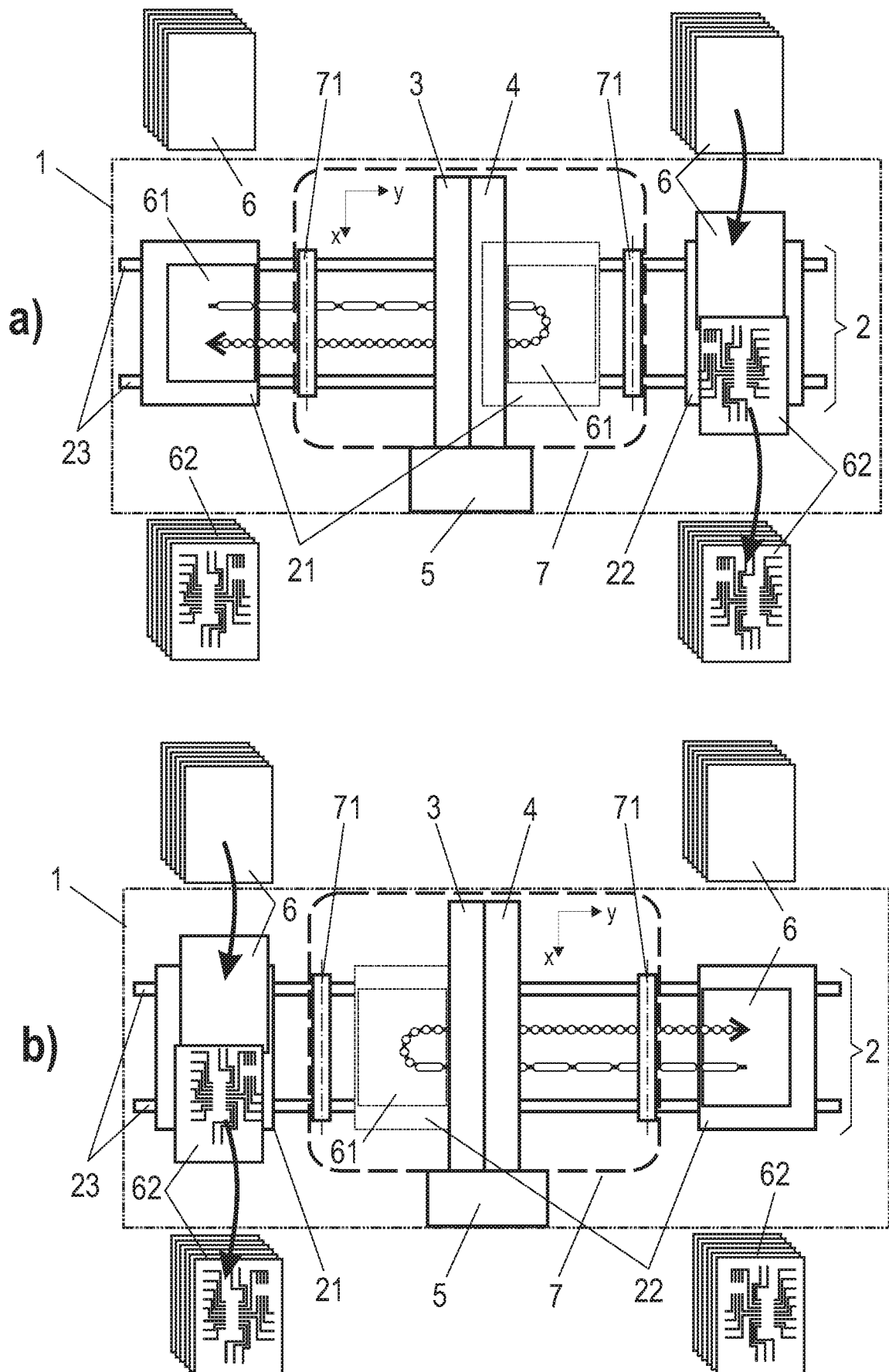


Fig. 1

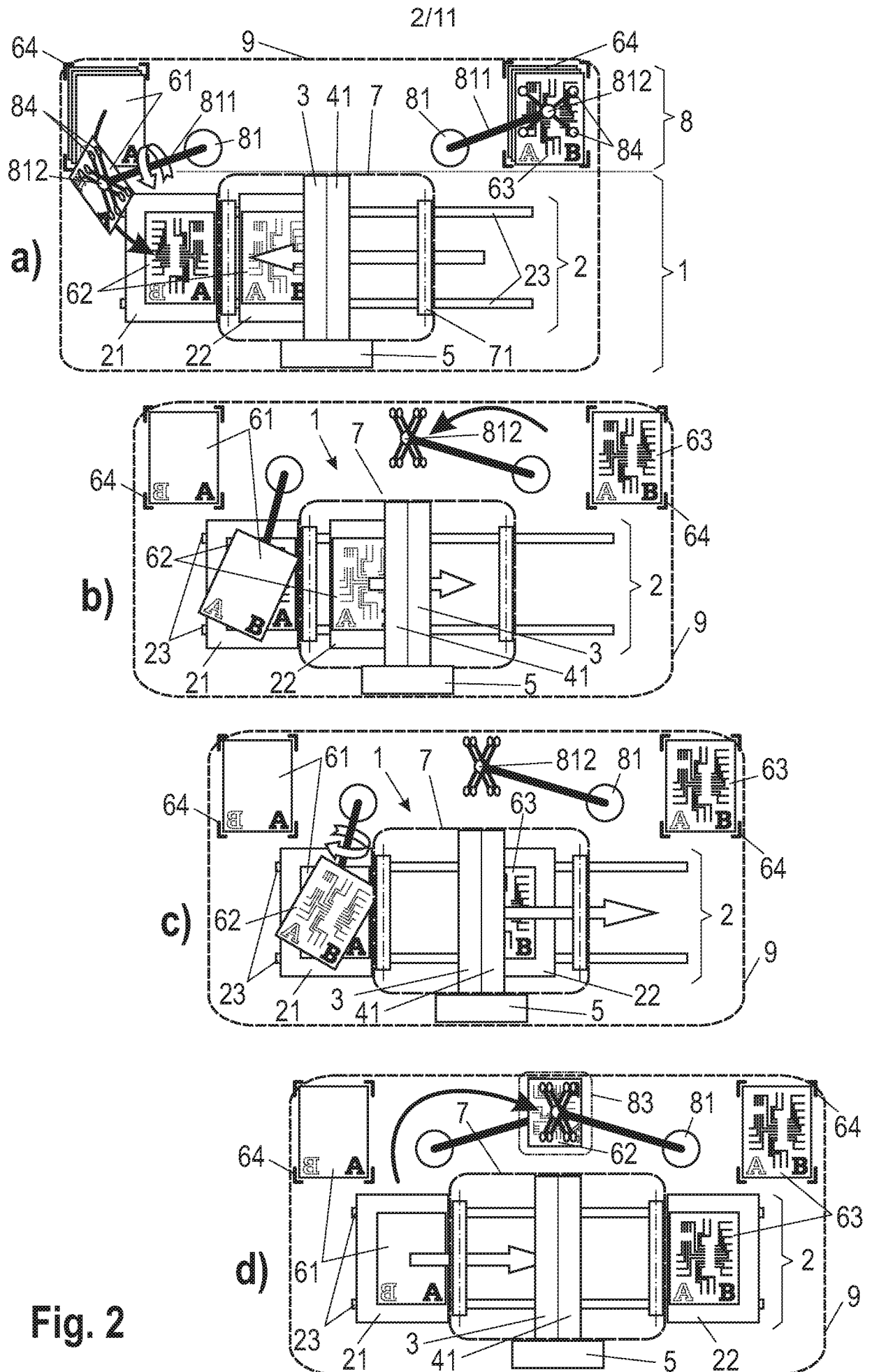


Fig. 2

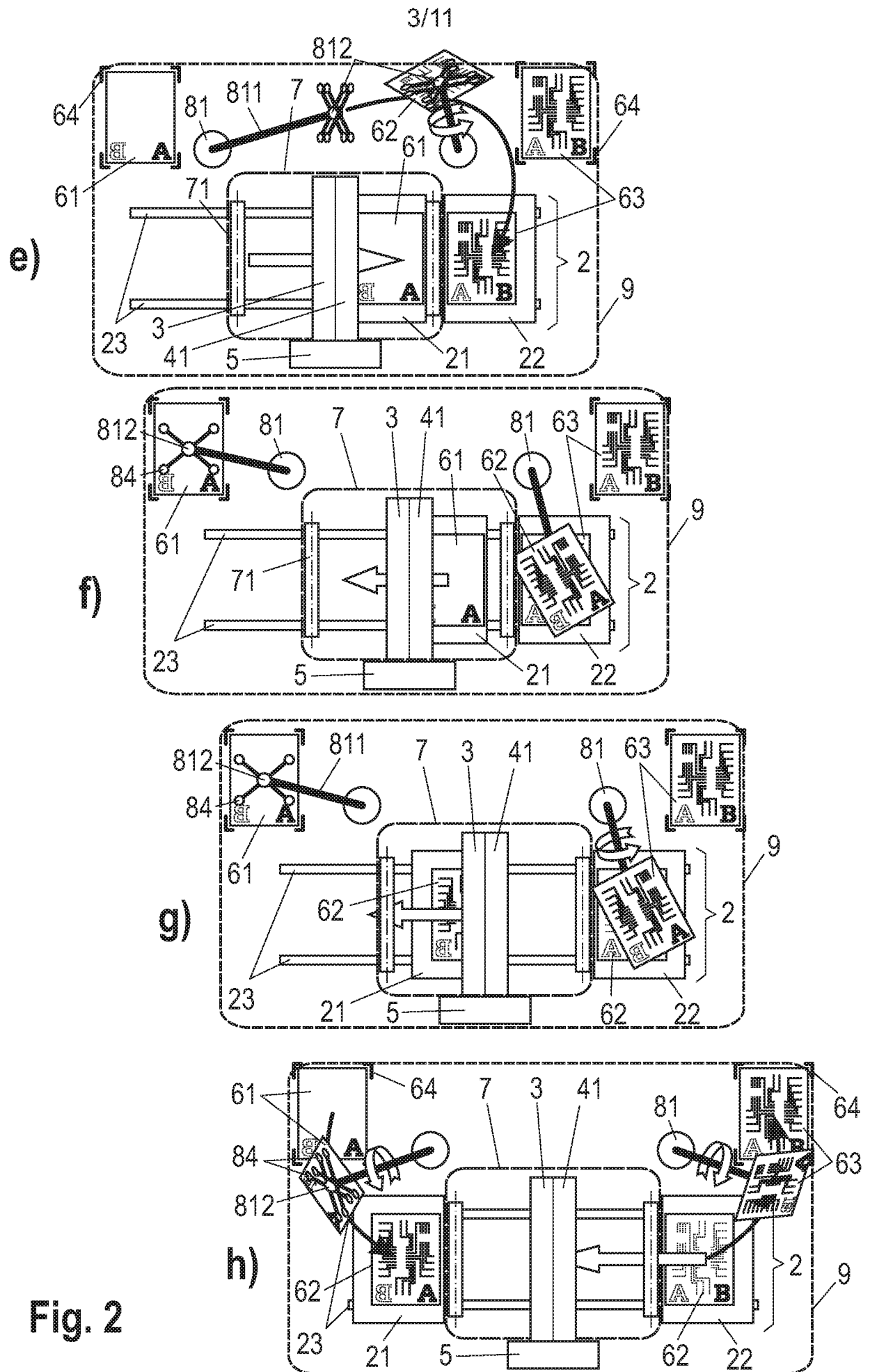


Fig. 2

4/11

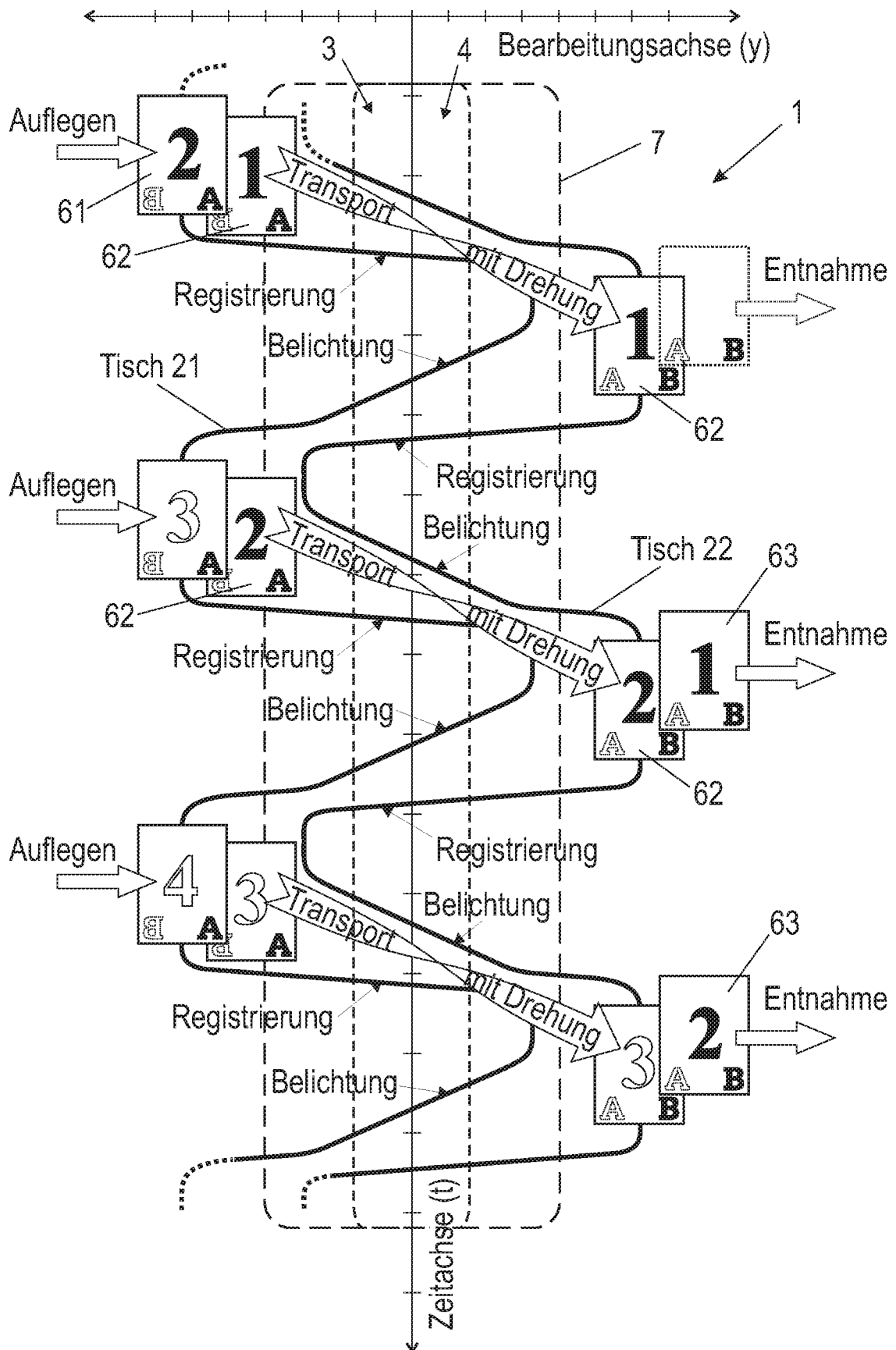


Fig. 3

5/11

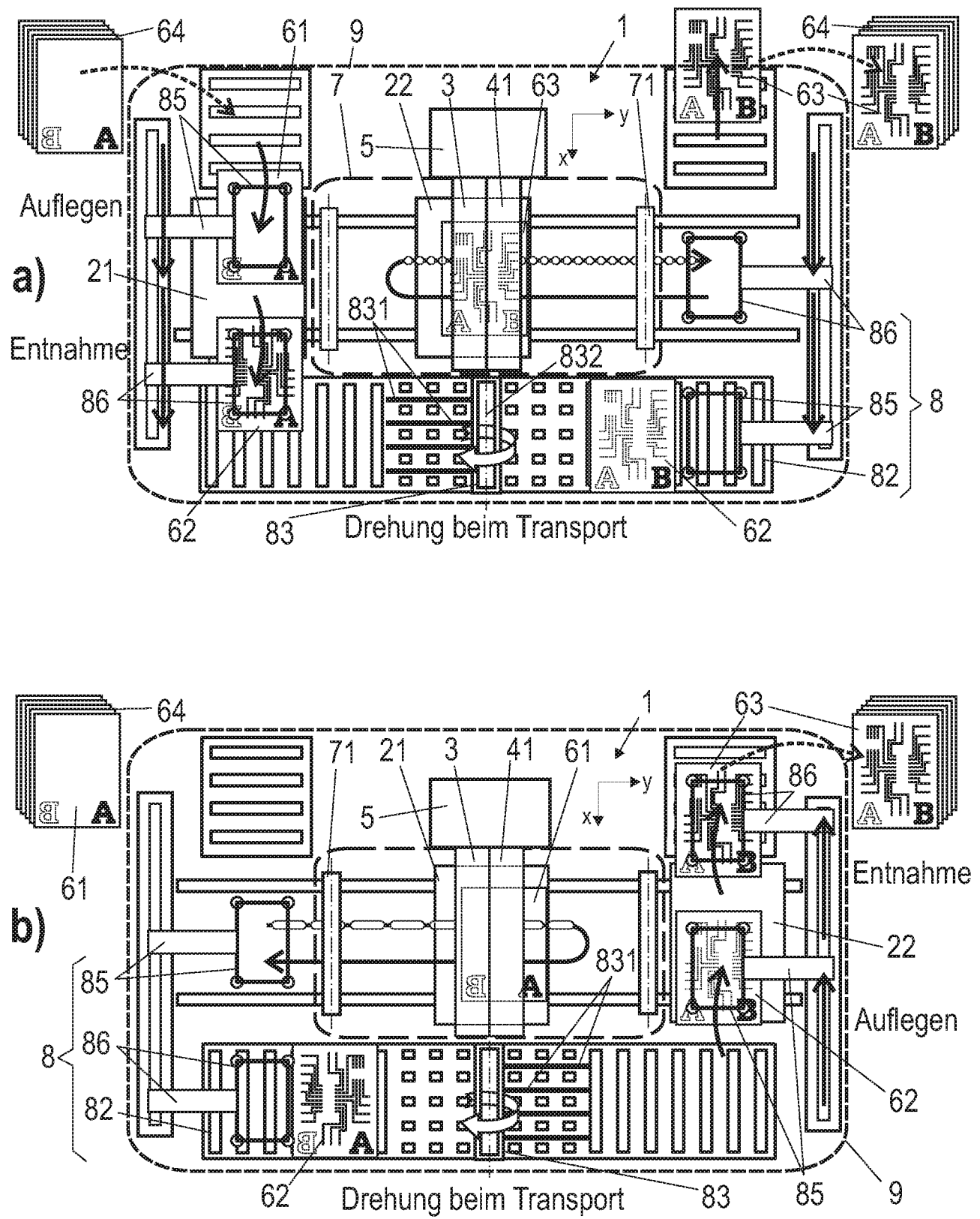


Fig. 4

6/11

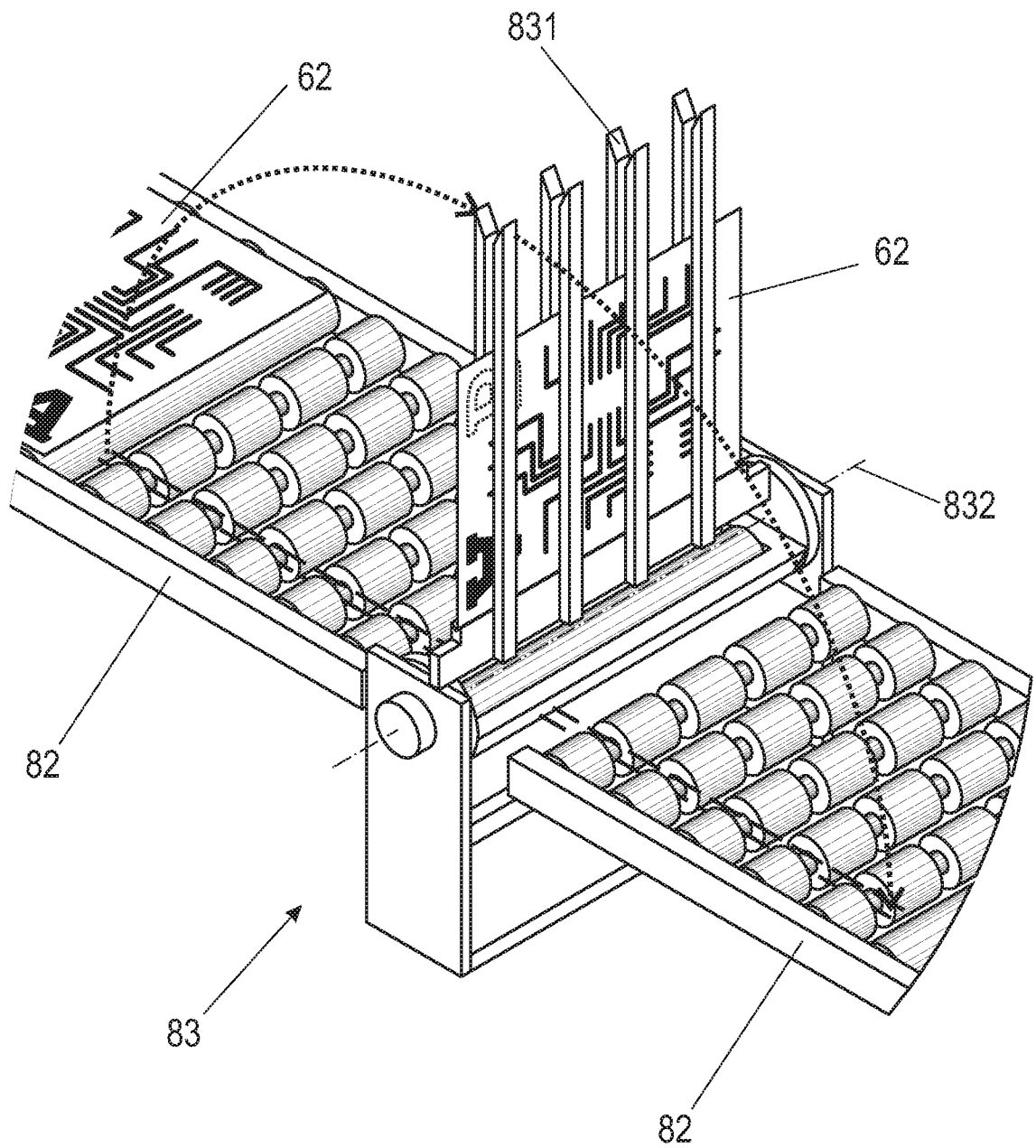
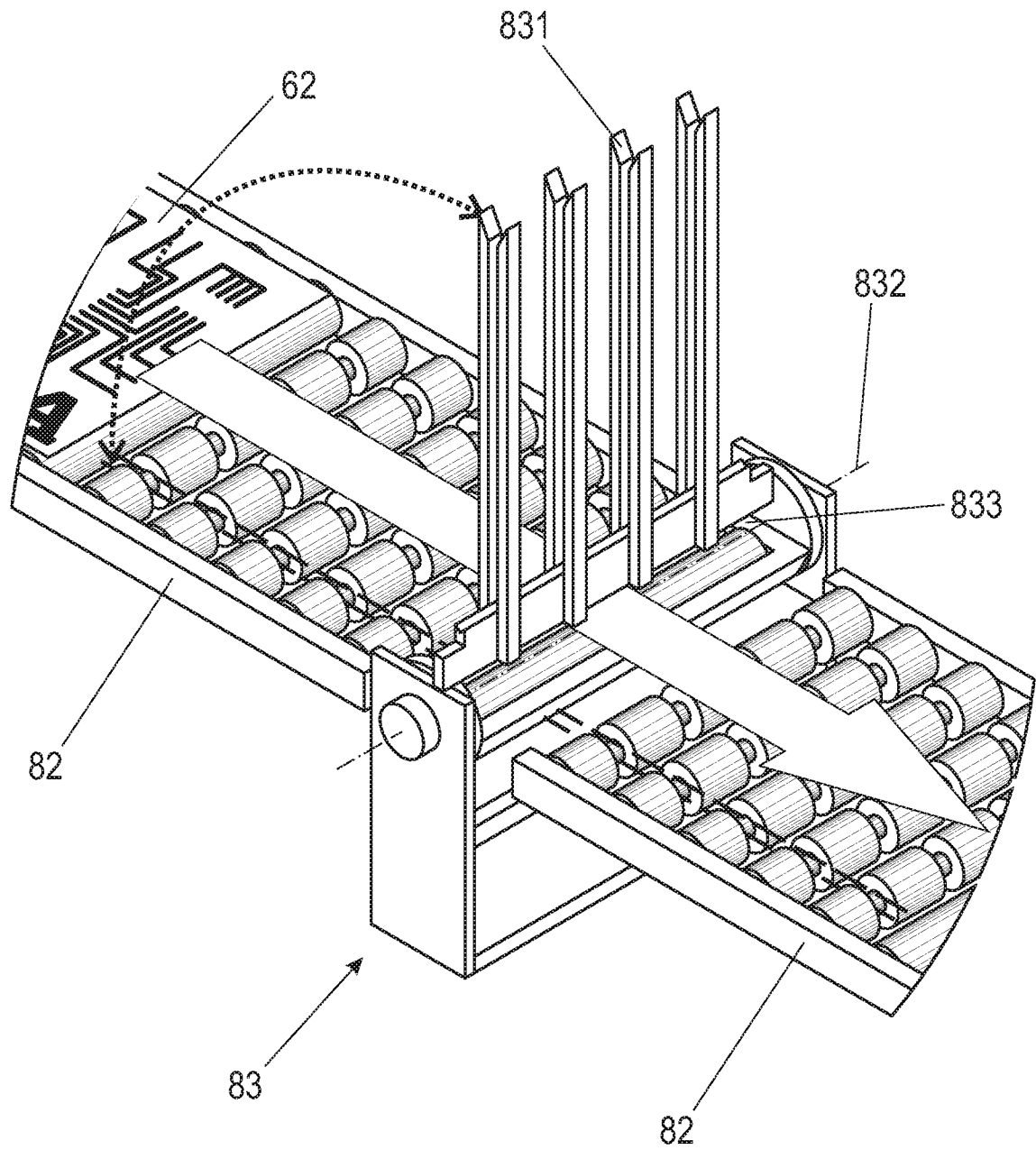


Fig. 5

7/11



**Fig. 6**

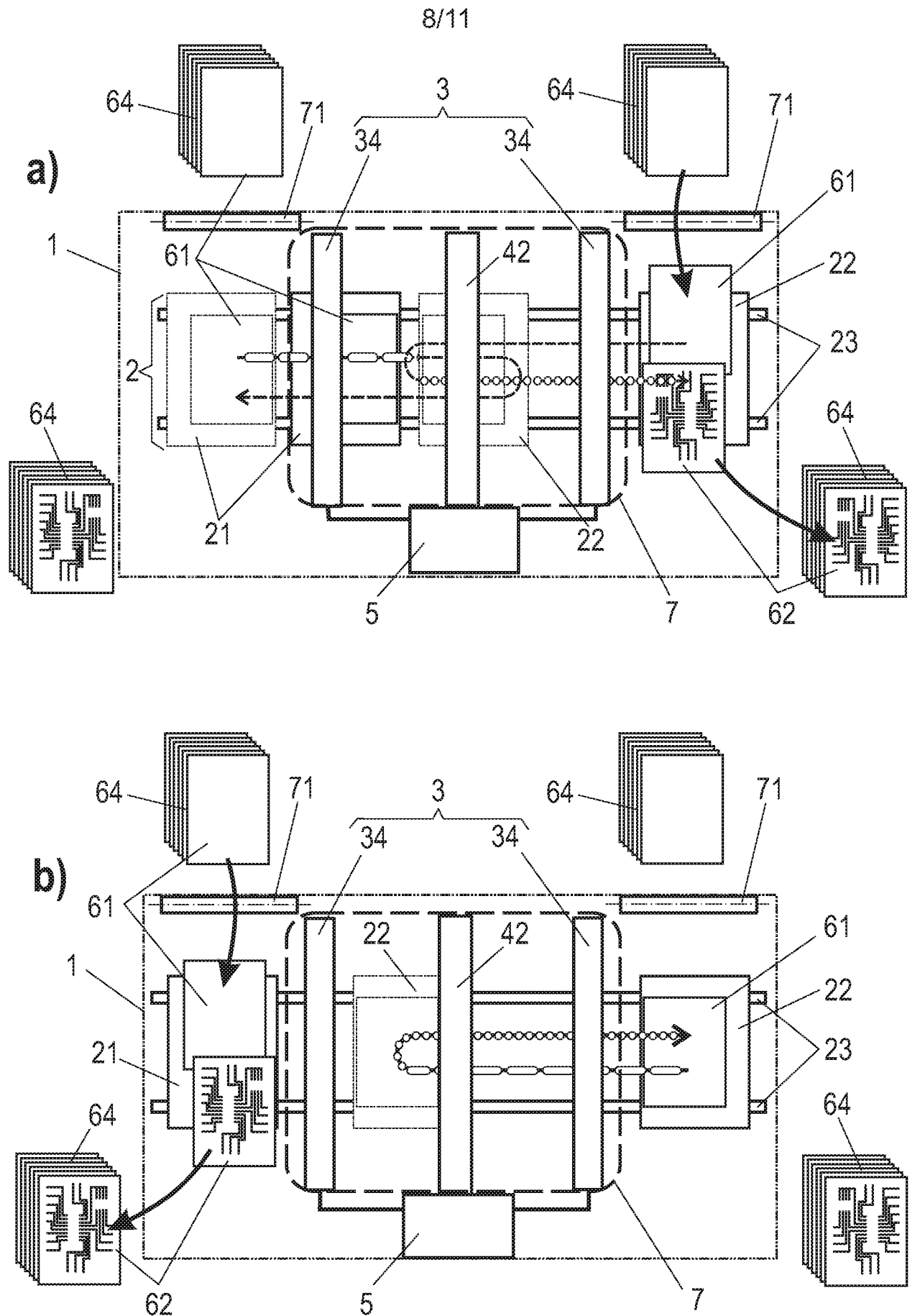


Fig. 7



9/11

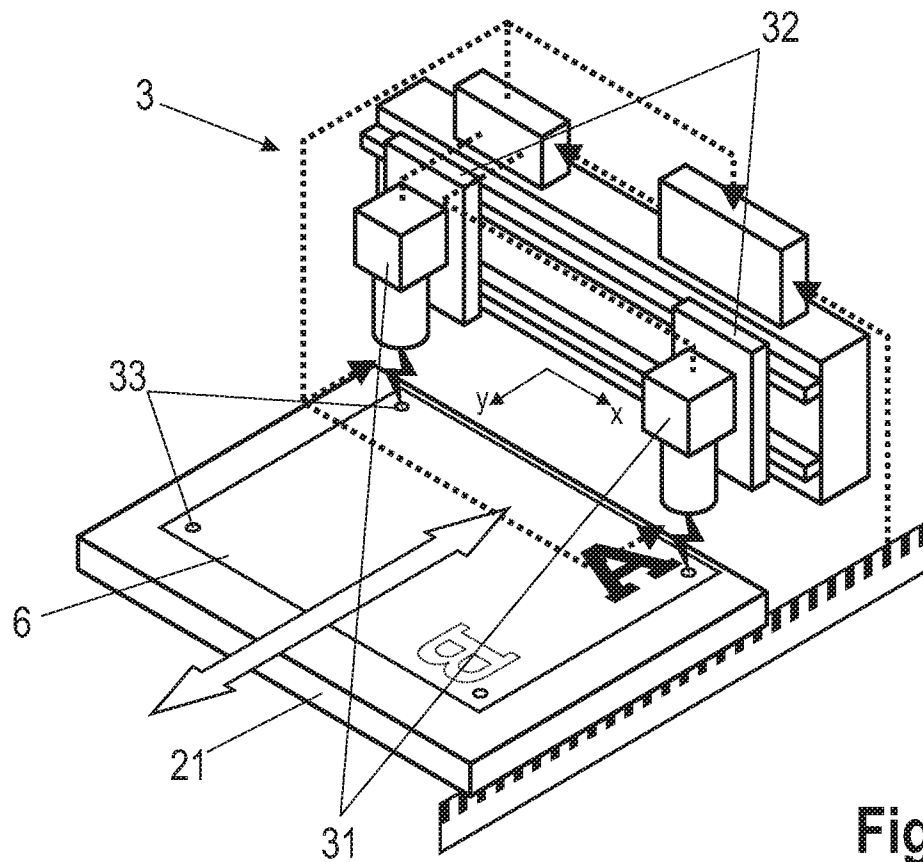


Fig. 8

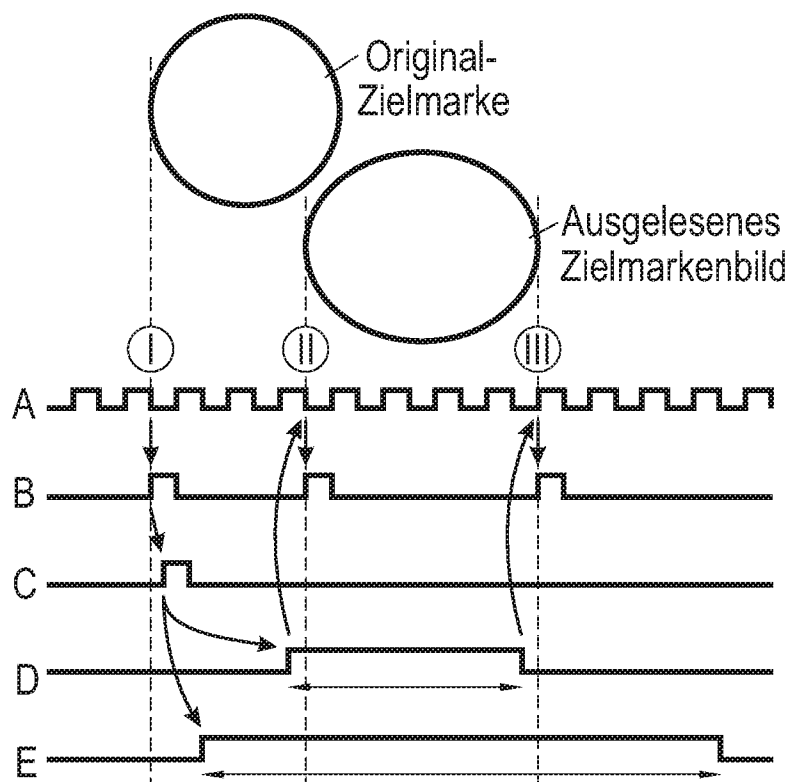
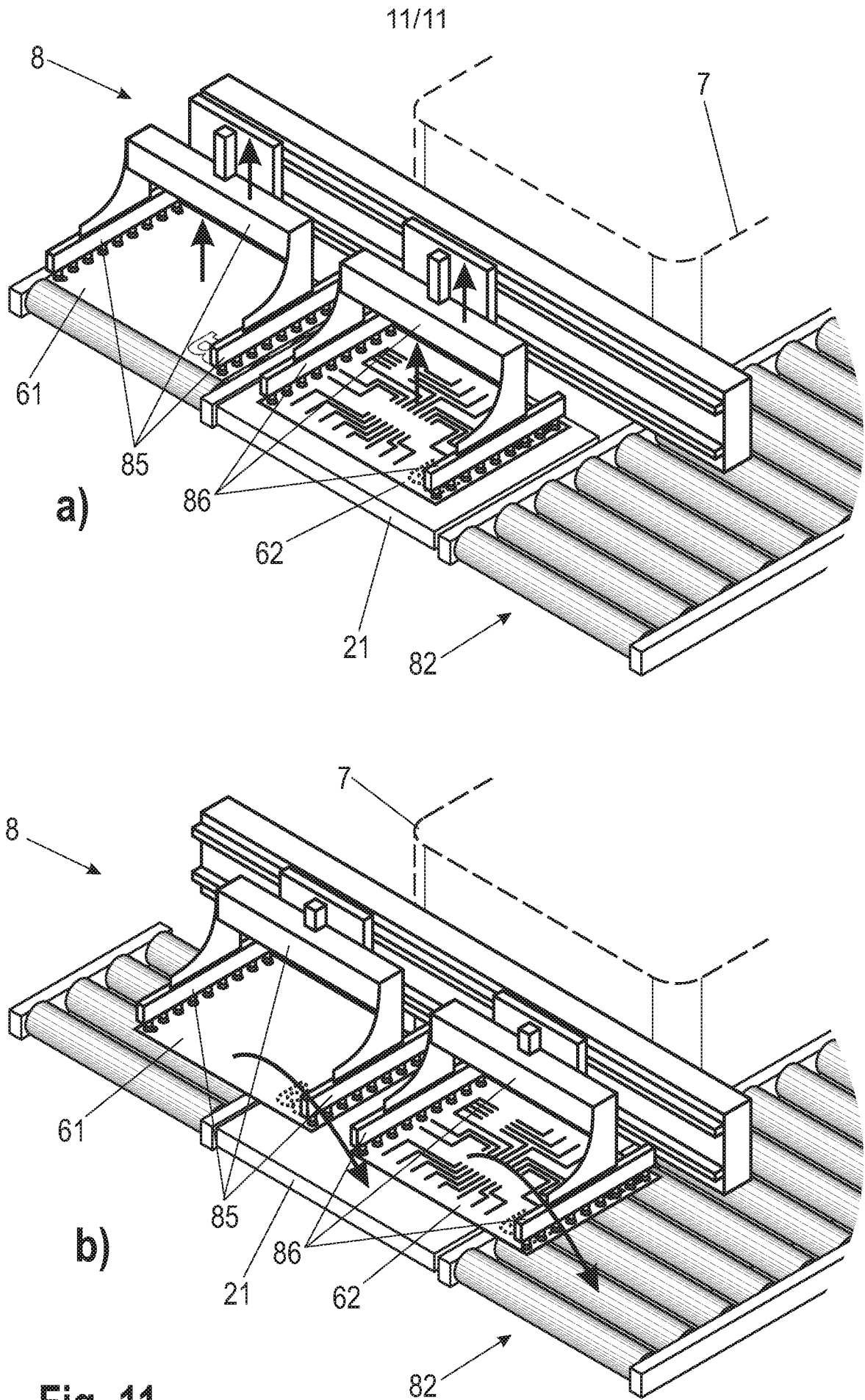


Fig. 9





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/DE2019/101076****A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G03F 7/20**(2006.01)i; **G03F 9/00**(2006.01)i; **B23K 26/08**(2014.01)i; **C23C 16/04**(2006.01)i; **C23C 16/48**(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G03F; C23C; B23K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2009251679 A1 (SHIBAZAKI YUICHI [JP]) 08 October 2009 (2009-10-08) figures 1-3,8-10	1,3-9,17-27 11-15
X A	US 2009208885 A1 (KIUCHI TOHRU [JP]) 20 August 2009 (2009-08-20) paragraphs [0039] - [0044]; figures 1-18	1,3-9,17-27 11-15
X A	EP 0890136 B1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 18 December 2002 (2002-12-18) figures 1-3	1,3-9,17-27 11-15
X A	US 6590636 B2 (NIKON CORP [JP]) 08 July 2003 (2003-07-08) figures 1-3,8,9	1-4,10,16-18,22-27 11-15

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

**20 May 2020**

Date of mailing of the international search report

**02 June 2020**

Name and mailing address of the ISA/EP

**European Patent Office**  
**p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk**  
**Netherlands**

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

**Angioni, Catherine**

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/DE2019/101076**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009251679	A1	08 October 2009	AT	429031	T	15 May 2009
				CN	1833309	A	13 September 2006
				CN	101504512	A	12 August 2009
				EP	1655765	A1	10 May 2006
				EP	1995769	A1	26 November 2008
				JP	4552146	B2	29 September 2010
				JP	5152067	B2	27 February 2013
				JP	2009147385	A	02 July 2009
				JP	WO2005015615	A1	04 October 2007
				KR	20060054426	A	22 May 2006
				KR	20110106424	A	28 September 2011
				TW	I343594	B	11 June 2011
				US	2006187431	A1	24 August 2006
				US	2009251679	A1	08 October 2009
				US	2010177295	A1	15 July 2010
				WO	2005015615	A1	17 February 2005
US	2009208885	A1	20 August 2009	JP	5120377	B2	16 January 2013
				JP	2010505240	A	18 February 2010
				KR	20090092761	A	01 September 2009
				KR	20130121993	A	06 November 2013
				US	2009208885	A1	20 August 2009
				US	2013010276	A1	10 January 2013
EP	0890136	B1	18 December 2002	WO	2008044612	A1	17 April 2008
				DE	69717975	D1	30 January 2003
				DE	69717975	T2	28 May 2003
				DE	69735016	T2	17 August 2006
				EP	0890136	A1	13 January 1999
				EP	1197801	A1	17 April 2002
				JP	3993182	B2	17 October 2007
				JP	2000505958	A	16 May 2000
				JP	2004363619	A	24 December 2004
				KR	19990087198	A	15 December 1999
US	6590636	B2	08 July 2003	US	5969441	A	19 October 1999
				WO	9828665	A1	02 July 1998
				EP	0855623	A2	29 July 1998
				JP	H10209039	A	07 August 1998
				KR	19980070895	A	26 October 1998
				TW	419724	B	21 January 2001
				US	6327022	B1	04 December 2001
				US	2002036762	A1	28 March 2002

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. G03F7/20 G03F9/00 B23K26/08 C23C16/04 C23C16/48  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

#### B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 G03F C23C B23K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

#### C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2009/251679 A1 (SHIBAZAKI YUICHI [JP]) 8. Oktober 2009 (2009-10-08) Abbildungen 1-3,8-10	1,3-9, 17-27 11-15
X A	US 2009/208885 A1 (KIUCHI TOHRU [JP]) 20. August 2009 (2009-08-20) Absätze [0039] - [0044]; Abbildungen 1-18	1,3-9, 17-27 11-15
X A	EP 0 890 136 B1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 18. Dezember 2002 (2002-12-18) Abbildungen 1-3	1,3-9, 17-27 11-15
X A	US 6 590 636 B2 (NIKON CORP [JP]) 8. Juli 2003 (2003-07-08) Abbildungen 1-3,8,9	1-4,10, 16-18, 22-27 11-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

20. Mai 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

02/06/2020

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Angioni, Catherine

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2019/101076

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2009251679 A1	08-10-2009	AT 429031 T	15-05-2009
		CN 1833309 A	13-09-2006
		CN 101504512 A	12-08-2009
		EP 1655765 A1	10-05-2006
		EP 1995769 A1	26-11-2008
		JP 4552146 B2	29-09-2010
		JP 5152067 B2	27-02-2013
		JP 2009147385 A	02-07-2009
		JP WO2005015615 A1	04-10-2007
		KR 20060054426 A	22-05-2006
		KR 20110106424 A	28-09-2011
		TW I343594 B	11-06-2011
		US 2006187431 A1	24-08-2006
		US 2009251679 A1	08-10-2009
		US 2010177295 A1	15-07-2010
		WO 2005015615 A1	17-02-2005
US 2009208885 A1	20-08-2009	JP 5120377 B2	16-01-2013
		JP 2010505240 A	18-02-2010
		KR 20090092761 A	01-09-2009
		KR 20130121993 A	06-11-2013
		US 2009208885 A1	20-08-2009
		US 2013010276 A1	10-01-2013
		WO 2008044612 A1	17-04-2008
EP 0890136 B1	18-12-2002	DE 69717975 D1	30-01-2003
		DE 69717975 T2	28-05-2003
		DE 69735016 T2	17-08-2006
		EP 0890136 A1	13-01-1999
		EP 1197801 A1	17-04-2002
		JP 3993182 B2	17-10-2007
		JP 2000505958 A	16-05-2000
		JP 2004363619 A	24-12-2004
		KR 19990087198 A	15-12-1999
		US 5969441 A	19-10-1999
		WO 9828665 A1	02-07-1998
US 6590636 B2	08-07-2003	EP 0855623 A2	29-07-1998
		JP H10209039 A	07-08-1998
		KR 19980070895 A	26-10-1998
		TW 419724 B	21-01-2001
		US 6327022 B1	04-12-2001
		US 2002036762 A1	28-03-2002