

Verfahren und Vorrichtung zur Ablösung eines Stempels

B e s c h r e i b u n g

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ablösung eines Stempels.

Der Stand der Technik weist unterschiedliche Anlagen und Verfahren zur Herstellung von Stempeln und zu deren Verwendung auf. Die Stempel werden grob in Hart- und/oder Weichstempel eingeteilt. Eine spezielle Art von Weichstempel sind die Folienstempel, die aus einer relativ dünnen Folie bestehen, auf die Prägestrukturen aufgebracht werden. Folie und Prägestrukturen bilden dabei den Weichstempel. Im Stand der Technik wird vor allem die Verwendung von Weichstempeln bevorzugt. Weichstempel nutzen sich zwar schneller ab als Hartstempel, können aber sehr schnell repliziert werden. Man verwendet einen sehr teuren und präzise hergestellten Hartstempel als Masterstempel und erzeugt den Weichstempel als Negativ vom Hartstempel. Diese Weichstempel sind dann sogenannte Arbeitsstempel. Die Produktprägmassen, aus denen die eigentlichen

- 2 -

Produkte geprägt werden sollen, werden dann nur noch mit dem Weichstempel hergestellt, während der Hartstempel sicher verwahrt und geschützt bleibt. Ein häufiges Problem im Stand der Technik bleibt dennoch die Entformung des Weichstempels vom Masterstempel bzw. von der Produktprägemasse.

Hartstempel sind sehr langlebig, haben aber den Nachteil, dass die Entformung relativ schwer durchführbar ist, ohne eine, zumindest teilweise, Zerstörung der Strukturen im Nano- und/oder Mikrometerbereich zu riskieren. Weichstempel hingegen nutzen sehr schnell ab. Die leichte Entformbarkeit ist vor allem ein Resultat der Elastizität und des sehr geringen Biegewiderstands. Beide Eigenschaften ermöglichen es den Weichstempel abzuziehen oder zumindest so weit zu verbiegen, dass er sequentiell, d.h. schrittweise, von der Prägemasse abgezogen werden kann. Die Weichstempel weisen allerdings extrem geringe Härtewerte auf und verschleißten daher relativ leicht. Sie müssen daher kontinuierlich aus einem Masterstempel neu geformt werden.

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, die Nachteile des Stands der Technik zu beseitigen und insbesondere die Ablösung des Stempels (= Weichstempels), im Folgenden auch Arbeitsstempel genannt, vom Masterstempel (= Hartstempel) und/oder der Prägemasse zu erleichtern. Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand der nebengeordneten Ansprüche gelöst. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei von in der Beschreibung, den Ansprüchen und/oder den Figuren angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart gelten und in beliebiger Kombination beansprucht sein.

Der erfindungsgemäße Stempel (= Weichstempel) hat insbesondere die folgenden Eigenschaften bzw. weist das folgende Material auf:

- Polydimethylsiloxan (PDMS)

- 3 -

- Perfluoropolyether (PFPE)
- Polyhedrales oligomerisches Silsesquioxan (POSS)
- Polydimethylsiloxan (PDMS)
- Tetraethylorthosilicat (TEOS)
- Poly(organo)siloxane (Silikon)

Der erfindungsgemäße Stempel (=Weichstempel) kann grundsätzlich aus einer der folgenden Materialklassen stammen

- Thermoplast
- Elastomer
- Duroplast

Der Masterstempel, die Prägemasse und das Produkt werden im Folgenden auch als Substrat bezeichnet.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ablösung eines Stempels von einem Substrat, insbesondere von einem Masterstempel, von einer Prägemasse und/oder von einem Produkt, wobei der Stempel in Richtung des Substrats verformt wird, um den Stempel vom Substrat abzulösen.

Die Erfindung betrifft weiterhin, insbesondere als ein eigenständiger Gegenstand der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Stempels auf einem Träger, mit folgenden Schritten, insbesondere mit folgendem Ablauf:

- Aufbringen einer Prägemasse auf einen Masterstempel,
- Kontaktierung der Prägemasse mit dem Träger,
- Aushärtung der Prägemasse,
- Ablösung des Masterstempels von der ausgehärteten Prägemasse, wobei der erzeugte Stempel auf dem Träger verbleibt, insbesondere mit einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ausführungsform, wobei der

- 4 -

Träger in Richtung des Masterstempels verformt wird, um den Masterstempel vom Stempel abzulösen.

Die Erfindung betrifft weiterhin, insbesondere als ein eigenständiger Gegenstand der Erfindung, ein Verfahren zur Herstellung eines Produkts aus einer Prägemasse, mit folgenden Schritten, insbesondere mit folgendem Ablauf:

- Kontaktierung der Prägemasse mit einem Stempel,
- Aushärtung der Prägemasse,
- Ablösung des Stempels von der Prägemasse, insbesondere mit einem Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Anspruchsformen, wobei der Stempel in Richtung des Produkts verformt wird, um den Stempel vom Produkt abzulösen.

Die Erfindung betrifft weiterhin, insbesondere als ein eigenständiger Gegenstand der Erfindung, eine Vorrichtung zur Ablösung eines Stempels von einem Substrat, insbesondere von einem Masterstempel, von einer Prägemasse und/oder von einem Produkt, wobei der Stempel in Richtung des Substrats verformbar ist, um den Stempel vom Substrat abzulösen.

Die Erfindung betrifft weiterhin, insbesondere als ein eigenständiger Gegenstand der Erfindung, eine Vorrichtung zur Herstellung eines Stempels auf einem Träger, insbesondere mit einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Anspruchsformen, aufweisend:

- Aufbringmittel zum Aufbringen einer Prägemasse auf einen Masterstempel,
- Kontaktierungsmittel zur Kontaktierung der Prägemasse mit dem Träger,
- Aushärtemittel zur Ablösung des Masterstempels von der ausgehärteten Prägemasse, wobei der erzeugte Stempel auf dem Träger verbleibt, wobei der Träger in Richtung des Masterstempels verformbar ist, um den Masterstempel vom Stempel abzulösen

- 5 -

Die Erfindung betrifft weiterhin, insbesondere als ein eigenständiger Gegenstand der Erfindung, eine Vorrichtung zur Herstellung eines Produkts aus einer Prägemasse,

- Kontaktierungsmittel zur Kontaktierung der Prägemasse mit einem Stempel,
- Aushärtemittel zur Aushärtung der Prägemasse,
- Ablösemittel zur Ablösung des Stempels von der Prägemasse, wobei Verformungsmittel zur Verformung des Stempels in Richtung des Produkts, um den Stempel vom Produkt abzulösen.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Stempel und/oder der Träger durch Überdruck verformt wird/werden bzw. verformbar ist/sind.

Bevorzugt ist weiterhin, dass die maximale Verformung im Zentrum des Stempels und/oder des Trägers erfolgt, wobei insbesondere die Verformung symmetrisch zum Zentrum des Stempels und/oder des Trägers erfolgt.

Bevorzugt ist weiterhin, dass die Verformung des Stempels und/oder des Trägers von innen nach außen, insbesondere vom Zentrum des Stempels und/oder des Trägers zum Rand des Stempels und/oder des Trägers, erfolgt.

Bevorzugt ist weiterhin, dass zur Ablösung das Substrat und der Stempel und/oder der Träger voneinander wegbewegt werden, insbesondere gleichzeitig mit dem Verformen des Stempels und/oder des Trägers.

Bevorzugt ist weiterhin, dass die Ablösung des Stempels von außen nach innen, insbesondere vom Rand des Stempels zum Zentrum des Stempels, erfolgt.

Bevorzugt ist weiterhin, dass die Verformung zu einer konvexen Ausformung und/oder zu einer Ausbeulung des Stempels und/oder des Trägers führt.

- 6 -

Bevorzugt ist weiterhin, dass zur Ablösung der Masterstempel und der Träger voneinander wegbewegt werden, insbesondere gleichzeitig mit dem Verformen des Trägers.

Bevorzugt ist weiterhin, dass der Träger eine Folie und/oder der Stempel ein Folienstempel ist.

In einer anderen Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Träger eine sehr dünne und flexible Glasplatte ist. Die Glasplatte ist insbesondere dünner als 20mm, vorzugsweise dünner als 10mm, noch bevorzugter dünner als 5mm, am bevorzugtesten dünner als 2mm, am allerbevorzugtesten dünner als 1mm.

Bevorzugt ist weiterhin, dass die Vorrichtung mindestens ein Trägerformelement zum Verformen und/oder mindestens ein Streckelement zum Strecken des Trägers aufweist, wobei der Träger insbesondere über das Trägerformelement gespannt ist.

Bevorzugt ist weiterhin, dass das Trägerformelement mindestens eine Trägerformelementerhebung aufweist, wobei die Trägerformelementerhebung den Träger vom Trägerformelement abhebt und/oder den Träger streckt.

Bevorzugt ist weiterhin, dass das Trägerformelement mindestens ein Fixierelement aufweist, das der, insbesondere dynamischen, Fixierung des Trägers dient, wobei bevorzugt das mindestens eine Fixierelement so schaltbar ist, dass über das mindestens eine Fixierelement ein Gas und/oder Gasgemisch in einen Zwischenraum zwischen dem Trägerformelement und dem Träger ausbringbar ist.

- 7 -

Bevorzugt ist weiterhin, dass das mindestens eine Streckelement ein Fluidelement ist, wobei über das Fluidelement ein Gas und/oder Gasgemisch ausbringbar ist, um einen Überdruck zwischen dem Trägerformelement und dem Träger zu erzeugen.

In einer anderen beispielhaften Ausführungsform ist vorgesehen, dass anstatt eines Trägerformelements, welches sich insbesondere hinter dem Träger befindet, der Träger von einem Rahmen gehalten wird. Im Falle der Verwendung eines Rahmens, befinden sich die Streckelemente dennoch in gewohnter Weise an der Rückseite des Trägers.

Der Kern der Erfindung besteht insbesondere in einer Fixierung des Stempels, die eine Ablösung des Stempels (= Weichstempels) vom Masterstempel und/oder der Prägemasse und/oder vom Produkt vom Rand zum Zentrum erlaubt.

In einer speziellen Ausführungsform ist die Fixierung so konstruiert, dass eine Endlosfolie verwendet werden kann, auf der mehrere Stempel aufgebracht werden. In diesem Fall kann die Endlosfolie so fixiert werden, dass einerseits keine nennenswerte Verzerrung der Prägestrukturen erfolgt und andererseits eine Entformung der Prägestrukturen bzw. des Stempels sukzessive von außen nach innen erfolgen kann.

Die Entformung erfolgt insbesondere kontrollierbar von außen nach innen. Die Ausführungsform mit der Endlosfolie erlaubt die Bereitstellung einer Prägeanlage, welche ihre Weichstempel selbstständig mit Hilfe eines einzigen Masterstempels herstellen kann.

Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemäßen Ausführungsformen und Prozesse besteht darin, dass die Entformung des Stempels nicht abhängig von der Substratgröße und vor allem nicht von der Substratdicke ist. Das Substrat kann während des Verformungsprozesses vollständig eben fixiert bleiben, während der

- 8 -

Stempel durch die erfindungsgemäße Verformung, insbesondere durch eine erzeugte konvexe Krümmung, sich vom Substrat ablöst, insbesondere sich sequentiell von außen nach innen vom Substrat entformt. Dadurch wird ein Brechen des Substrates verhindert.

Ein weiterer Vorteil ist das Fehlen eines Ausschlussrandbereichs (engl.: exclusion zone). Da für die Trennung keine Objekte wie Klingen eingeführt werden müssen, die Bauteile und Strukturen am Rand des Substrats zerstören könnten, können Strukturen bis zum äußersten Rand des Substrats geprägt werden.

Die erfindungsgemäßen Ausführungsformen können grundsätzlich auf Substraten beliebiger Größe und Form prägen, sofern sie entsprechend groß konstruiert worden sind.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil besteht insbesondere in der Wiederverwendbarkeit des Trägers des Stempels. Sollten die Strukturen auf dem Träger durch mehrfache Benutzung zerstört oder abgenutzt worden sein, kann der Träger ausgetauscht oder weiterbewegt werden, um einen neuen, fehlerfreien Arbeitsstempel zu erzeugen.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil besteht insbesondere darin, dass der Stempel die volle Fläche eines zu prägenden Wafers erreichen kann und dass selbst die Ausschlusszone (engl.: exclusion zone) geprägt werden kann. Das ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich alle formenden und verformenden Bauteile hinter dem Stempel bzw. dem Träger des Stempels befinden und daher der Stempel nicht durch irgendwelche Bauteile seitlich begrenzt wird.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil zum Stand der Technik besteht insbesondere darin, dass nicht mehr das zu prägende Substrat alleine vom Stempel

- 9 -

sondern vorzugsweise der Stempel vom Substrat entformt wird. Zwar kann die Entformung des Stempels vom Substrat durch eine translatorische Bewegung des Substrats vom Stempel weg unterstützt werden, die Hauptentformung beruht allerdings auf der erfindungsgemäßen Träger- bzw. Stempelkrümmung. Dadurch wird es erfindungsgemäß möglich, auf sehr dünnen Substraten zu prägen und den Stempel danach ohne Zerstörung des Substrats zu entformen, da das Substrat vollflächig fixiert werden kann und selbst nicht gekrümmt werden muss.

Ein weiterer erfindungsgemäßer Vorteil ist insbesondere der starre Zustand des Stempels bzw. Trägers im Prägeprozess und der flexible Zustand des Stempels bzw. Trägers im Entformungsprozess. Im Prägeprozess kann der Stempel auf Druck belastet werden, da er vom Träger und/oder Bauteilen, die sich hinter dem Träger befinden, stabilisiert wird, während sich der Stempel und der Träger während des Entformungsprozesses verformen können.

Das Entformungsverhalten des Stempels kann durch die Dicke des Trägers sehr einfach beeinflusst und eingestellt werden. Der Träger ist insbesondere dünner als 5 mm, vorzugsweise dünner als 1 mm, noch bevorzugter dünner als 0.1 mm, am bevorzugtesten dünner als 0.01 mm, am allerbevorzugtesten dünner als 0.001 mm.

Die erfindungsgemäße Ausführungsform kann einerseits zur Herstellung des Stempels und andererseits zur Verwendung des Stempels für Prägeprozesse verwendet werden. Im Gegensatz zum Stand der Technik sind daher nicht mehr zwei separate Ausführungsformen notwendig.

Im Stand der Technik wird sehr häufig ein Träger (engl.: back plane) verwendet, welches vor der Erzeugung des Stempels beschichtet werden muss, insbesondere um die Haftfestigkeit zu der Arbeitsstempelprägemasse zu gewährleisten. Die erfindungsgemäß bevorzugt verwendeten Träger können bereits bei der Anlieferung über eine entsprechende Beschichtung verfügen, sodass der

- 10 -

Beschichtungsprozess für den Stempelhersteller entfällt, was zu einer Kosten- und Zeitersparnis führt.

Die erfindungsgemäße Ausführungsform betrifft insbesondere eine Vorrichtung, mit deren Hilfe man einen Stempel auf einem Träger erzeugen kann.

Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen weisen insbesondere mindestens ein Trägerformelement auf, über das ein Träger gespannt werden kann. Das Trägerformelement besitzt vorzugsweise mindestens eine Trägerformelementerhebung, welche die Trägerstempelseite des gespannten Trägers vom restlichen Teil des Trägerformelements abhebt.

Das Trägerformelement verfügt insbesondere über mindestens ein Fixierelement, das der, insbesondere dynamischen, Fixierung des Trägers dient. Das Fixierelement des Trägerformelements kann insbesondere ein- und ausgeschalten werden. Das Fixierelement dient dem, insbesondere möglichst spannungslosen, Festhalten des Trägers.

Bei dem Fixierelement bzw. den Fixierelementen kann es sich um

- Vakuumfixierungen, insbesondere mit
 - einzeln ansteuerbaren Vakuumbahnen
 - miteinander verbundenen Vakuumbahnen
- Mechanische Fixierungen, insbesondere
 - Klemmen
- Elektrische Fixierungen, insbesondere
 - Elektrostatische Fixierungen
 - Magnetische Fixierungen

- 11 -

- Adhäsive Fixierungen, insbesondere
 - Gel-Pak Fixierungen
 - Fixierungen mit adhäsiven, insbesondere ansteuerbaren, Oberflächen

handeln.

Das mindestens eine Fixierelement ist insbesondere elektronisch ansteuerbar. Die Vakuumfixierung ist die bevorzugte Art für das Fixierelement. Die Vakuumfixierung besteht vorzugsweise aus mehreren Vakuumbahnen, die an der Oberfläche des Trägerformelements austreten. Die Vakuumbahnen sind vorzugsweise einzeln ansteuerbar.

In einer bevorzugten Anwendung sind einige Vakuumbahnen zu Vakuumbahnsegmenten vereint, die einzeln ansteuerbar, daher evakuiert oder geflutet werden können. Jedes Vakuumsegment ist allerdings unabhängig von den anderen Vakuumsegmenten. Damit erhält man die Möglichkeit des Aufbaus einzeln ansteuerbarer Vakuumsegmente. Die Vakuumsegmente sind vorzugsweise ringförmig konstruiert. Dadurch wird eine gezielte, radialsymmetrische, insbesondere von innen nach außen durchgeführte Fixierung und/oder Loslösung des Substrats vom Probenhalter ermöglicht. Eine weitere bevorzugte Form der Vakuumsegmente ist rechteckig.

Das Trägerformelement verfügt insbesondere über mindestens ein Element zur Abhebung des Trägers vom Trägerformelement. Das Abheben des Trägers wird im Weiteren auch als Strecken bezeichnet; das Element bzw. die Elemente, welche die Streckung hervorrufen, werden auch als Streckelement(e) bezeichnet. Vorzugsweise handelt es sich bei dem mindestens einen Streckelement um ein Fluidelement, über welches ein Gas und/oder Gasgemisch ausströmen kann, um

- 12 -

einen Überdruck zwischen dem Trägerformelement und dem Träger zu erzeugen.

In einer ganz besonderen erfindungsgemäßen Ausführungsform ist das bereits genannte mindestens ein Vakuumsegment, das als Fixierung dient, so schaltbar, dass darüber ein Gas und/oder Gasgemisch in den Zwischenraum zwischen dem Trägerformelement und dem Träger gepumpt werden kann. Das mindestens eine Fixierelement kann dann gleichzeitig als Streckelement verwendet werden. Sollten andere Fixierelemente verwendet werden, werden die Streckelemente separat und unabhängig von den Fixierelementen vorgesehen.

Das mindestens eine Trägerformelement verfügt vorzugsweise über abgerundete Kanten, welche den Träger möglichst schonend umlenken. Die Radien der abgerundeten Kanten sind größer als 0.1 mm, vorzugsweise größer als 1 mm, noch bevorzugter größer als 5 mm, am bevorzugtesten größer als 10 mm, am allerbevorzugtesten größer als 30 mm.

Der Träger wird bevorzugt mit von außen angreifenden vom Trägerformelement unabhängigen, insbesondere mechanischen, Fixiereinheiten an mindestens zwei, insbesondere gegenüberliegenden, Seiten fixiert.

In die Fixiereinheiten sind insbesondere Kraftmesszellen eingebaut, um die Kraft, mit der der Träger zum Trägerformelement fixiert wird, zu messen und zu überwachen. Insbesondere soll und darf es nicht zu einer Schädigung der Träger durch die Fixiereinheiten kommen.

Die Fixiereinheiten dienen insbesondere der Grobfixierung des Trägers. Die Kraft,

- 13 -

welche durch die Fixiereinheiten auf den Träger ausgeübt werden kann, ist vorzugsweise einstellbar. Die verwendete Kraft liegt zwischen 0.001 N und 1000 N, vorzugsweise zwischen 0.01 N und 500 N, noch bevorzugter zwischen 0.1 N und 100 N, am bevorzugtesten zwischen 1 N und 50 N, am allerbevorzugtesten zwischen 1 N und 25 N.

Zweckmäßiger ist die Angabe des Drucks, der auf den Träger ausgeübt werden darf, damit gerade keine Schädigung des Trägers eintritt. Die genannten Kraftwerte werden auf einen Quadratmeter normiert und ergeben dann entsprechende Druckwerte. Der Druck liegt zwischen 0.001 MPa und 1000 MPa, vorzugsweise zwischen 0.01 MPa und 500 MPa, noch bevorzugter zwischen 0.1 MPa und 100 MPa, am bevorzugtesten zwischen 1 MPa und 50 MPa, am allerbevorzugtesten zwischen 1 MPa und 25 MPa.

Entstehende Mikrorisse im Träger werden von der Arbeitsstempelprägemasse vorzugsweise beim Herstellprozess des Arbeitsstempels gänzlich durch die Arbeitsstempelprägemasse verschlossen.

Prägemassen

Im weiteren Dokument wird insbesondere zwischen der Arbeitsstempelprägemasse und der Produktprägemasse unterschieden. Die Arbeitsstempelprägemasse ist eine Prägemasse, aus welcher der Arbeitsstempel (= Stempel, Weichstempel) erzeugt wird. Die Produktprägemasse ist die Prägemasse, welche durch den Arbeitsstempel geprägt wird, um die erwünschten Produkte zu erzeugen.

Stempel- und Produktprägemassen können unterschiedlich sein. Vorzugsweise

- 14 -

unterscheiden sich Arbeitsstempelprägemasse und Produktprägemasse in ihrer Hydrophobizität bzw. Hydrophilität. Ein Maß für die Hydrophobizität bzw. Hydrophilität ist der Kontaktwinkel, der sich zwischen einem Testflüssigkeitstropfen, insbesondere Wasser, und der zu vermessenden Oberfläche ausbildet. Hydrophile Oberflächen verflachen den Flüssigkeitstropfen, da die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche über die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit dominieren und bilden daher niedrige Kontaktwinkel. Hydrophobe Oberflächen führen zu einer kugelförmigeren Gestalt des Flüssigkeitstropfens, da die Kohäsionskräfte der Flüssigkeit über die Adhäsionskräfte zwischen der Flüssigkeit und der Oberfläche dominieren.

Eine gängige Methode zur Bestimmung der Hydrophobizität bzw. Hydrophilität ist die Kontaktwinkelmethode. Die Kontaktwinkelmethode wird zusammen mit der Youngschen Gleichung verwendet, um eine Aussage über die Oberflächenenergie eines Festkörpers durch die Verwendung einer Prüfflüssigkeit zu erhalten. Diese qualifiziert die Oberflächenenergie einer Oberfläche durch eine gewisse Prüfflüssigkeit, meistens durch Wasser. Dem Fachmann sind entsprechende Messmethoden, sowie die Auswertungsmethoden bekannt. Der mit der Kontaktwinkelmethode ermittelte Kontaktwinkel kann auf eine Oberflächenenergie in N/m oder in J/m^2 umgerechnet werden. Für Relativvergleiche unterschiedlicher Oberflächen bei gleicher Prüfflüssigkeit reichen allerdings schon die Angaben der Kontaktwinkel aus, um eine relative Abschätzung der Adhäsionsfähigkeit der Oberfläche zu erhalten. So kann man durch die Verwendung von Wasser als Prüfflüssigkeit sagen, dass benetzte Oberflächen, die einen Kontaktwinkel am Wassertropfen von ca. 30° erzeugen, eine höhere Adhäsion besitzen als Oberflächen, deren Kontaktwinkel am Wassertropfen ca. 120° besitzt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist es vorgesehen, dass die

- 15 -

Adhäsionsfähigkeit der Arbeitsstempelmaterialien durch eine Oberflächenenergie von kleiner $0,1 \text{ J/m}^2$, insbesondere kleiner $0,01 \text{ J/m}^2$, vorzugsweise kleiner $0,001 \text{ J/m}^2$, noch bevorzugter kleiner $0,0001 \text{ J/m}^2$, idealerweise kleiner $0,00001 \text{ J/m}^2$ definiert ist.

Alternativ oder zusätzlich ist es gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Adhäsionsfähigkeit der Kontaktfläche mit einem Kontaktwinkel größer 20° , insbesondere größer 50° , vorzugsweise größer 90° , noch bevorzugter größer 150° , definiert ist. Die Adhäsionsfähigkeit einer Oberfläche zu einem anderen Material kann mit Hilfe der oben genannten Kontaktwinkelmethode bestimmt werden. Dabei wird ein Tropfen einer bekannten Flüssigkeit, vorzugsweise Wasser (erfindungsgemäße Werte bezogen auf Wasser), (alternativ Glycerin oder Hexadekan), auf der zu messenden Oberfläche abgeschieden. Mit Hilfe eines Mikroskops wird der Winkel von der Seite exakt vermessen, nämlich der Winkel zwischen der Tangente an den Tropfen und der Oberfläche.

Die erfindungsgemäß verwendeten Prägemassen haben vorzugsweise eine Viskosität zwischen 1cp und 25000cp, vorzugsweise zwischen 10 und 25000cp, noch bevorzugter zwischen 100cp und 25000cp, am bevorzugtesten zwischen 1000cp und 25000cp, am allerbevorzugtesten zwischen 10000 und 25000cp.

Vorrichtung

In einer ersten bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform wird ein Träger über ein Trägerformelement gelegt. Bei dem Träger handelt es sich vorzugsweise um eine Folie. Die Folie wird zuerst mit einer dynamischen Trägerfixierung, vorzugsweise Vakuumelementen, vorfixiert. Danach erfolgt die seitliche Fixierung mit einer statischen Trägerfixierung. Diese Ausführungsform ist für die Aufnahme von beschnittenen Folien oder begrenzten, steifen Trägern ausgelegt. Insbesondere

- 16 -

ist die Größe des Trägers gerade so ausgelegt, dass die statische Trägerfixierung den Träger fixieren kann. Diese Ausführungsform verfügt über mindestens ein Streckelement, mit dessen Hilfe man den Träger strecken kann. Vorzugsweise dienen die dynamischen Fixierungen gleichzeitig als Streckelemente.

In einer anderen bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform wird eine Stempelträgervorrichtung offenbart, welche eine Endlosfolie verwendet, um mehrere Stempel entlang des Trägers erzeugen zu können. Die Endlosfolie wird vorzugsweise als Rolle angeliefert und auf einer ersten Welle montiert. Eine zweite Welle erlaubt die Aufwicklung und Entfernung einer Schutzfolie von der Endlosfolie. Die Endlosfolie kann über weitere Elemente geführt werden und wird zwischen einer ersten statischen Trägerfixierung und das Trägerformelement geführt. Die Endlosfolie passiert die statische Trägerfixierung und die zweite statische Trägerfixierung und wird schließlich auf einer dritten Welle aufgerollt.

Die statischen Trägerfixierungen bestehen aus Fixiereinheiten, die beweglich sind und die Endlosfolie, insbesondere an das Trägerformelement, klemmen können. Dadurch wird ein Verschieben der Endlosfolie verhindert. In diesem Zustand kann der Teil der Endlosfolie nun mit entsprechenden Prägestrukturen versehen werden. Diese Ausführungsform verfügt über mindestens ein Streckelement, mit dessen Hilfe man den Träger strecken kann. Vorzugsweise dienen die dynamischen Fixierungen gleichzeitig als Streckelemente.

Die erfindungsgemäße Folie kann mit einer Kraft zwischen 1N und 1000N, vorzugsweise zwischen 2N und 800N, noch bevorzugter zwischen 5N und 600N, am bevorzugtesten zwischen 8N und 400N, am allerbevorzugtesten zwischen 10N und 100N vorgespannt werden.

- 17 -

Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann als Modul Teil eines Clusters sein. Unter einem Cluster versteht man eine Menge miteinander verbundener Module, die insbesondere alle miteinander vakuumdicht verbunden sind, sodass ein Substrat zwischen den Modulen transportiert werden kann, ohne mit einer außenliegenden Atmosphäre in Kontakt zu kommen.

Jedes Modul kann vorzugsweise einzeln evakuiert werden. Der gesamte Cluster kann evakuiert werden. Der Druck kann in jedem Modul und/oder dem gesamten Cluster auf weniger als 1 bar, vorzugsweise weniger als 10^{-1} mbar, noch bevorzugter weniger als 10^{-3} mbar, am bevorzugtesten kleiner als 10^{-5} , am allerbevorzugtesten weniger als 10^{-7} mbar eingestellt werden.

Die Module und/oder der Cluster können insbesondere auch mit Gasen und/oder Gasgemischen gespült werden. Die Module und/oder der Cluster können insbesondere auch unter Überdruck gesetzt werden. In diesem Fall wird ein Druck zwischen 1bar und 5bar, bevorzugter zwischen 1 bar und 4.5bar, noch bevorzugter zwischen 1bar und 4bar, am bevorzugtesten zwischen 1bar und 3.5bar, am allerbevorzugtesten zwischen 1bar und 3bar eingestellt.

Die Module im Cluster werden insbesondere durch ein Zentralmodul miteinander verbunden, in welchem sich vorzugsweise ein Roboter befindet, welcher die Substrate zwischen den Ladecontainern (engl.: Fouds) und/oder den Modulen bewegen kann.

Verfahren

In einem ersten bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Träger auf einer erfindungsgemäßen Vorrichtung fixiert.

- 18 -

In einem ersten Prozessschritt wird mit Hilfe einer Abscheidevorrichtung eine Arbeitsstempelprägemasse auf einem Masterstempel abgeschieden. Vorzugsweise wird die Arbeitsstempelprägemasse bereits so gleichmäßig und vollflächig wie möglich verteilt.

In einem zweiten Prozessschritt erfolgt eine Ausrichtung der erfindungsgemäßen Vorrichtung relativ zum Masterstempel. Denkbar ist die Bewegung der erfindungsgemäßen Vorrichtung und/oder des Masterstempels. Vorzugsweise wird allerdings der Masterstempel bewegt. Die Ausrichtung kann entweder mechanisch und/oder optisch erfolgen. Denkbar ist eine reine Grobpositionierung des Masterstempels relativ zur erfindungsgemäßen Vorrichtung. Vorzugsweise erfolgt allerdings eine Ausrichtung beider Objekte anhand von Ausrichtungsmarken. Die Ausrichtungsmarken können sich auf dem Trägerformelement und/oder dem Träger befinden. Vorzugsweise befinden sie sich allerdings auf dem Träger.

In einem dritten Prozessschritt erfolgt die Kontaktierung zwischen dem Träger und der Arbeitsstempelprägemasse. Durch die Druckbeaufschlagung wird die Arbeitstempelmasse entlang des Trägers planarisiert, während die Masterstempelstruktur als Negativ in der Arbeitstempelmasse abgeformt wird.

In einem vierten Prozessschritt erfolgt die Aushärtung der Arbeitstempelprägemasse. Die Arbeitstempelprägemasse kann entweder thermisch und/oder mittels elektromagnetischer Strahlung ausgehärtet werden.

Eine thermische Aushärtung erfolgt zwischen 0°C und 500°C, vorzugsweise zwischen 50°C und 450°C, noch bevorzugter zwischen 100°C und 400°C, am bevorzugtesten zwischen 150°C und 350°C, am allerbevorzugtesten zwischen 200°C und 300°C.

- 19 -

Die elektromagnetische Strahlung besitzt vorzugsweise eine Wellenlänge im Bereich zwischen 10nm und 2000nm, mit Vorzug zwischen 50nm und 1500nm, mit größerem Vorzug zwischen 100nm und 1000nm, mit allergrößtem Vorzug zwischen 150nm und 500nm, mit allergrößtem Vorzug zwischen 200nm und 370nm.

In einem fünften Prozessschritt erfolgt die Loslösung des Trägers mit der ausgehärteten Arbeitsstempelprägemasse vom Masterstempel, indem das Streckelement für die Streckung des Trägers sorgt. Vorzugsweise strömt ein Gas oder Gasgemisch über die dynamische Trägerfixierung, welche aus Vakuumelementen besteht, zwischen das Trägerformelement und den Träger ein und erzeugt so einen, von außen betrachtet, konvex gekrümmten Träger. Der Träger löst sich damit von außen nach innen.

In einem sechsten Prozessschritt erfolgt die erneute Fixierung des Trägers über die dynamische Trägerfixierung.

In einem zweiten bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren wird eine Endlosfolie als Träger auf der erfindungsgemäßen Vorrichtung fixiert.

Die ersten sechs Prozessschritte des zweiten Verfahrens sind wesensgleich zu den ersten sechs Prozessschritten des ersten Verfahrens.

In einem siebten Prozessschritt erfolgt die Aufhebung der Fixierung der Endlosfolie, indem die statische Trägerfixierung der Fixiereinheiten zurückgefahren wird, um die Endlosfolie frei zu geben. Danach oder gleichzeitig erfolgt ein Aufrollen der Endlosfolie auf einer dritten Rolle. Dadurch wird die erzeugte Arbeitsstempelprägemasse vom Trägerformelement entfernt und ein neuer Bereich der Endlosfolie steht zum Prägen bereit.

- 20 -

Somit ist es also sehr einfach möglich, mehrere Arbeitstempel auf einer Endlosfolie herzustellen.

In einem dritten bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren wird der Arbeitstempel, der durch eines der vorhergehenden Verfahren erzeugt wurde, zur Prägung einer Produktprägemasse verwendet. Aus den Produktprägemasen werden die eigentlich zu erzeugenden Produkte gefertigt. Vorzugsweise wird eine Produktprägemasse auf einem Substrat aufgebracht und das Substrat wird relativ zum Arbeitstempel ausgerichtet. Danach erfolgt der Präge- und Aushärtevorgang sowie der Entformungsvorgang.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnungen. Diese zeigen in:

Figur 1a eine erste erfindungsgemäße Ausführungsform in einer Seitendarstellung,

Figur 1b die erste erfindungsgemäße Ausführungsform in einer Unteransicht,

Figur 2a einen ersten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 2b einen zweiten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 2c einen dritten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 2d einen vierten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 2e einen fünften Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

- 21 -

Figur 2f einen sechsten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3a einen zweiten Prozessschritt des zweiten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3b einen dritten Prozessschritt des zweiten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3c einen vierten Prozessschritt des zweiten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3d einen fünften Prozessschritt des zweiten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3e einen sechsten Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Prozesses,

Figur 3f einen siebten Prozessschritt des zweiten erfindungsgemäßen Prozesses,

In den Figuren sind gleiche Bauteile oder Bauteile mit der gleichen Funktion mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Die Figur 1a zeigt eine Seitenansicht einer manuellen, erfindungsgemäßen, ersten Stempelvorrichtung 1, die aus mindestens zwei Fixiereinheiten 4 versehen ist, mit deren Hilfe ein Träger 3, insbesondere an zwei gegenüberliegenden Seiten, fixiert werden kann. Die beiden Fixiereinheiten 4 sind vorzugsweise mit einem Trägerformelement 2 verbunden. Das Trägerformelement 2 besitzt vorzugsweise eine Trägerformelementerhebung 2e, über die der Träger 3 gespannt werden kann. Die Fixiereinheit 4 besteht beispielsweise aus einer statischen Trägerfixierung 5, einem Abstandsteil 7, und einem Aufsatz 8. Die Bauteile 5, 7 und 8 sind durch Fixierelemente 9, insbesondere Schrauben, miteinander lösbar fixierbar. Das Trägerformelement 2 ist vorzugsweise transparent für einen Wellenlängenbereich einer elektromagnetischen Strahlung, welche zur Aushärtung einer Arbeitsstempelprägemasse verwendet wird. Das Trägerformelement 2 verfügt über

- 22 -

dynamische, ein- und ausschaltbare Fixierelemente 6 (im Folgenden auch dynamische Trägerfixierung genannt). Die Fixierelemente 6 können beliebig über eine Trägerformelementoberfläche 2o verteilt sein. Die Anzahl der verwendeten Fixierelemente 6 ist insbesondere größer als 2, vorzugsweise größer als 5, noch bevorzugter größer als 10, am bevorzugtesten größer als 50, am allerbevorzugtesten größer als 100. In einer ganz besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform sind die Fixierelemente 6 einzeln ansteuerbar. Die Fixierelemente 6 können vorzugsweise so gesteuert werden, dass sie zu einer von außen betrachteten konvexe Verformung des Trägers 3 führen können. Dies wird besonders einfach dadurch ermöglicht, dass man die Fixierelemente 6 als Kanäle ausführt, die nicht nur der Evakuierung des Zwischenbereichs zwischen dem Träger 3 und dem Trägerformelement 2 dienen, sondern auch zur Erzeugung eines Überdrucks genutzt werden können. Bei den Fixierelementen 6 handelt es sich daher vorzugsweise um Kanäle, über die ein Vakuum bzw. ein Überdruck aufgebaut werden kann. Eine weitere erfindungsgemäße Verwendung der Fixierelemente 6 besteht darin, dass mit ihrer Hilfe eine verzerrungsfreie Fixierung des Trägers 3 erfolgen kann, bevor eine relativ verzerrungsbehaftete Fixierung über die statische Fixierung 5 der Fixiereinheiten 4 erfolgt. Dadurch wird der Träger 3 in dem Bereich, auf dem in einem späteren Prägeprozess der Stempel aufgebracht wird, nicht oder nur sehr schwach verzerrt. Der Träger 3 wird links und rechtsseitig zwischen dem äußeren Teil des Trägerformelements 2 und der statischen Trägerfixierung 5 eingeklemmt. Zudem sind Ausrichtungsmarken 14 auf der Trägerformelementoberfläche angeordnet.

Die Figur 1b zeigt eine Unteransicht der manuellen, erfindungsgemäßen, ersten Vorrichtung 1. Erkennbar sind die Fixierelemente 9, insbesondere Schrauben, welche zur lösbaren Verschraubung der Bauteile 5, 7 und 8 dienen. Die dynamische Trägerfixierung 6 wird als einzelner, vollumfänglicher, rechteckiger

Vakuumkanal dargestellt. Der kreisförmige Bereich 16 stellt den Stempelbereich 16 dar, in dem der spätere Stempel geprägt wird. Der Stempelbereich kann natürlich jede beliebige Größe und Form annehmen, wird aber in Bezugnahme auf die kreisrunde, genormte Waferform in der Halbleiterindustrie kreisförmig dargestellt.

Die Figur 2a zeigt einen ersten erfindungsgemäßen Prozessschritt eines ersten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem auf eine Masterstempeloberfläche 12o eines Masterstempels 12 mit mehreren Masterstempelstrukturen 13 eine Arbeitsstempelprägemasse 11 über eine Abscheidevorrichtung 10 aufgebracht wird.

Die Figur 2b zeigt einen zweiten erfindungsgemäßen Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine manuelle, erfindungsgemäße, erste Stempelvorrichtung 1 mit Hilfe der Ausrichtungsmarken 14 relativ zum Masterstempel 12 ausgerichtet wird. Die Ausrichtungsmarken 14 des Masterstempels 12 und der Stempelvorrichtung 1 werden dabei vorzugsweise durch optische Ausrichtungselemente 15 zueinander ausgerichtet. Denkbar ist auch eine rein mechanische, grobe Ausrichtung der Stempelvorrichtung 1 relativ zum Masterstempel 12, insbesondere ohne Ausrichtungselement 15 und Ausrichtungsmarken 14.

Die Figur 2c zeigt einen dritten erfindungsgemäßen Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem eine Kontaktierung des Trägers 3 über eine Trägerstempel­seite 3s mit der Arbeitsstempelprägemasse 11 erfolgt. Durch die Kontaktierung wird die Arbeitsstempelprägemasse 11 planarisiert.

Die Figur 2d zeigt einen vierten erfindungsgemäßen Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die Arbeitsstempelprägemasse 11 ausgehärtet wird. Die Aushärtung kann thermisch, vorzugsweise aber

- 24 -

elektromagnetisch, insbesondere mittels UV Licht, durchgeführt werden. Die Aushärtung erfolgt vorzugsweise durch das Trägerformelement 2. Bei der Verwendung elektromagnetsicher Strahlung muss das Trägerformelement 2 im entsprechenden Wellenlängenbereich transparent genug sein, um eine entsprechende Aushärtung der Arbeitsstempelprägemasse 11 zu erhalten.

Die Figur 2e zeigt einen fünften erfindungsgemäßen Prozessschritt des ersten erfindungsgemäßen Verfahrens, bei dem die erfindungsgemäße Loslösung des erfindungsgemäß erzeugten Stempels 17 (im Folgendem auch Arbeitsstempel genannt) erfolgt. Der Träger 3 wird dabei vom Trägerformelement 2 entfernt. Die Entfernung erfolgt insbesondere durch einen Überdruck eines Fluides, welches durch die dynamische Trägerfixierung 6, die als Vakuumbahn ausgeführt wird, austritt. Denkbar ist auch, dass es Elemente gibt, die unabhängig von der dynamische Trägerfixierung 6 sind und eine entsprechende Krümmung des Trägers 3 und damit des Stempels 17 bewerkstelligen können. Denkbar wären beispielsweise zusätzlich verbaute Düsen. Denkbar wäre auch, dass der Träger 3 elektrostatisch aufgeladen wird und ein zweites, gleich gepoltes Potential durch Elemente im Trägerformelement 2 zu einer Abstoßung des Trägers 3 vom Trägerformelement 2 führt. Erfindungsgemäß wird die ausgehärtete Arbeitsstempelprägemasse 11 von außen nach innen, insbesondere sequentiell, vom Masterstempel 12 gelöst. Durch diese Entformungsart erfolgt eine besonders schonende Lösung der ausgehärteten Stempelmasse 11 von Masterstempelstrukturen 13 des Masterstempels 12. Der so erzeugte Stempel 17 kann damit defektfrei erzeugt werden.

Die Figur 2f zeigt einen sechsten erfindungsgemäßen Prozessschritt bei dem der Träger 3, der mit der ausgehärteten Prägemasse 11 den Stempel 17 bildet, wieder vollständig auf dem Trägerformelement 2 fixiert wird. Die Fixierung erfolgt dabei erneut über die dynamische Trägerfixierung 6. Der so erzeugte Stempel 17 kann

- 25 -

nun für einen Prägeprozess einer Prägemasse verwendet werden. Die Entformung des Stempels 17 von einer Prägemasse in einem folgenden Prägeprozess kann genauso erfolgen wie die Entformung des Stempels 17 vom Masterstempel 12 gemäß Figur 2e.

Die Figur 3a zeigt einen zweiten erfindungsgemäßen Prozessschritt mit einer zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1'. Der erste erfindungsgemäße Prozessschritt ist analog dem Prozessschritt aus der Figur 2a und wird daher hier nicht erneut dargestellt. Bei der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1' handelt es sich um eine Vorrichtung mit einem Rollensystem. Auf einer Rolle 18a befindet sich ein Träger 3', der mit einer Schutzfolie 19 beschichtet sein kann. Der Träger 3' ist, im Gegensatz zum Träger 3 der ersten erfindungsgemäßen Ausführungsform, eine „Endlosfolie“. Der Träger 3' wird über das Trägerformelement 2 gespannt und auf einer Rolle 18c aufgerollt. Die Schutzfolie 19 kann abgezogen und auf einer Rolle 18b aufgerollt werden. Die Fixiereinheiten 4' sind so konstruiert, dass sie dem Träger 3', insbesondere seitlich, klemmen können. Die Klemmung des Trägers 3' erfolgt vorzugsweise durch eine gewinkelte statische Trägerfixierung 5', deren Klemmfläche 5k' parallel zu einer ihr gegenüberliegenden Trägerformelementklemmfläche 2k ist. Der Winkel α zwischen der Trägerformelementklemmfläche 2k und einer Trägerformelementrückseite 2r liegt dabei zwischen 0° und 90° , vorzugsweise zwischen 5° und 85° , noch bevorzugter zwischen 10° und 80° , am bevorzugtesten zwischen 15° und 75° , am allerbevorzugtesten zwischen 20° und 70° . In der erfindungsgemäßen Ausführungsform wird vorzugsweise der Masterstempel 12 unter die Stempelvorrichtung bewegt.

Die Figur 3b zeigt einen dritten erfindungsgemäßen Prozessschritt mit der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1'. Da die Stempelvorrichtung 1' vorzugsweise so konstruiert ist, dass sie als Ganzes ruht, bewegt sich der Masterstempel 12 auf den Träger 3' zu, um die Arbeitsstempelprägemasse 11 mit

- 26 -

dem Träger 3' in Kontakt zu bringen.

Die Figur 3c zeigt einen vierten erfindungsgemäßen Prozessschritt mit der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1' analog dem Prozessschritt der Fig. 2d.

Die Figur 3d zeigt einen fünften erfindungsgemäßen Prozessschritt mit der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1' analog dem Prozessschritt der Fig. 2e.

Die Figur 3e zeigt einen sechsten erfindungsgemäßen Prozessschritt mit der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1' analog dem Prozessschritt der Fig. 2f.

Die Figur 3f zeigt einen siebten erfindungsgemäßen Prozessschritt mit der zweiten erfindungsgemäßen Stempelvorrichtung 1', bei dem die Fixiereinheiten 4' geöffnet werden, sodass der Träger 3 durch die Rollen 18a, 18c weiterbewegt werden können. Erfindungsgemäß erfolgt dabei eine Entfernung des Arbeitsstempels 17 vom Trägerformelement 2. Durch das Aufrollen des Trägers 3 auf der Rolle 18c gelangt ein neuer, unbenutzter Abschnitt 3u der Träger 3 unter das Trägerformelement 2 und kann erneut mit einer Prägemasse gemäß den Prozessschritten 3a-3d versehen werden.

- 27 -

B e z u g s z e i c h e n l i s t e

1, 1'	Stempelvorrichtung
2	Trägerformelement
2e	Trägerformelementerhebung
2o	Trägerformelementoberfläche
2r	Trägerformelementrückseite
2k	Trägerformelementklemmfläche
3, 3'	Träger
3u	Unbenutzter Trägerabschnitt
3s	Trägerstempelseite
4, 4'	Fixiereinheit
5, 5'	Statische Trägerfixierung
5k'	Klemmfläche
6	Dynamische Trägerfixierung / Fixierelemente
7	Abstandsteil
8	Aufsatz
9	Fixierelement
10	Abscheidevorrichtung
11	Arbeitsstempelprägemasse

- 28 -

12	Masterstempel
12o	Masterstempeloberfläche
13	Masterstempelstruktur
14	Ausrichtungsmarke
15	Ausrichtungselement
16	Stempelbereich
17	Stempel/Arbeitsstempel
18a, 18b, 18ac	Rolle
19	Schutzfolie
α	Winkel