

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

Vorrichtung und Verfahren zum Spritzgießen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Spritzgießen. Spritzgießen als Herstellung zur Mikroreplikation ist eine bekannte Technologie. Mit wachsenden Anforderungen an die Genauigkeit der hergestellten Spritzgussartikel ist die Technologie an den natürlichen Grenzen der polymerverarbeitenden Industrie angekommen. Insbesondere die erhöhten Anforderungen an die Form- und Lagetoleranzen der mit Spritzguss hergestellten Spritzgussartikel können mit den bisherigen Methoden nicht adäquat umgesetzt werden. Sollen beispielsweise die Vorderseite und die Rückseite eines Spritzgießwerkzeugs zueinander ausgerichtet werden, können die Spritzgussartikel aktuell nur mit Toleranzen von rund 10 Mikrometer hergestellt werden.

Für Spritzgussartikel, die in gewissen Industriezweigen wie Informationstechnik, Lasertechnik oder Kommunikationsnetztechnologie verwendet werden, sind diese Größenordnungen inakzeptabel hoch, denn die Genauigkeitsanforderungen, insbesondere an Lichtleiter, bewegen sich im Mikrometer- oder Submikrometerbereich. Mit konventionellen Herstellungsverfahren des Maschinenbaus können wegen den Herstellungstoleranzen der Anlagen keine Verbesserungen mehr mit genauerer Fertigung erreicht werden.

Die Spritzgießtechnologie kann durch Methoden aus der Halbleiterindustrie erweitert werden, um Spritzgussartikel mit einer erhöhten Genauigkeit erzeugen zu können.

Die Herstellungsverfahren und Ansätze des Maschinenbaus und der Halbleiterindustrie unterscheiden sich so grundlegend voneinander, dass die Herstellungsverfahren oder die erreichbaren Genauigkeiten nicht beliebig skalierbar sind. Mit anderen Worten können in der Halbleiterindustrie insbesondere Genauigkeiten oder Oberflächenqualitäten erreicht werden, welche konventionell nicht fertigbar sind. Die Verfahren der Halbleiterindustrie sind jedoch für den Maschinenbau wegen der potentiellen Skalierung (Länge: linear, Fläche: quadratisch, Volumen: kubisch) der Dimensionen nicht zu übertragen.

Dadurch eröffnet sich die Möglichkeit für weitere Kommerzialisierung neuartiger Spritzgussartikel. Insbesondere wird das Ausrichten der Werkzeuge beziehungsweise gegebenenfalls darin eingesetzter Einsätze bisher unzureichend genau durchgeführt. Normalerweise werden Werkzeuge mit entsprechenden Abformflächen beziehungsweise Einsätze mit entsprechenden Abformflächen verwendet, um die gewünschten Strukturen auf die später im Werkzeug aushärtende Spritzgussmasse zu übertragen.

Das Ausrichten des Werkzeugs beziehungsweise der Einsätze findet dabei in einem geöffneten Zustand statt, in welchem zwei oder mehr Werkzeughälften beziehungsweise Werkzeugteile noch nicht einen Spritzgussraum für die später darin eingeleitete Spritzgussmasse bereitstellen. Nach dem Überführen in den geschlossenen Zustand des jeweiligen Werkzeugs zum Spritzgießen ist es nicht mehr möglich die Werkzeughälften beziehungsweise den/die im Spritzgussraum angeordneten Einsatz/Einsätze auszurichten/ zueinander auszurichten. Somit können Ausrichtungsfehler, insbesondere solche welche

- 3 -

für die hohen Anforderungen an die Mikrospritzgussartikel korrigiert werden müssen, nur im geöffneten Zustand des Werkzeugs erfolgen. Bei oder nach dem Schließen des Werkzeugs kann es wiederum zu einem Ausrichtungsfehler des Werkzeuges beziehungsweise des Einsatzes/der Einsätze kommen. Insbesondere Serienfertigungen von Spritzgussartikeln mit demselben Werkzeug beziehungsweise dem/denselben Einsatz/Einsätzen zum Spritzgießen können daher nicht genau genug durchgeführt werden.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren aufzuzeigen, welche die Nachteile im Stand der Technik zumindest teilweise, insbesondere vollständig, beseitigen. Es ist zudem Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine verbesserte Vorrichtung zum Spritzgießen und ein verbessertes Verfahren zum Spritzgießen aufzuzeigen.

Es ist insbesondere Aufgabe der vorliegenden Erfindung eine Vorrichtung und ein Verfahren aufzuzeigen, mit welchen die Fertigungsgenauigkeit der hergestellten Spritzgussartikel erhöht wird.

Die vorliegende Aufgabe wird mit den Merkmalen der nebengeordneten Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben. In den Rahmen der Erfindung fallen auch sämtliche Kombinationen aus zumindest zwei in der Beschreibung, in den Ansprüchen und/oder den Zeichnungen angegebenen Merkmalen. Bei angegebenen Wertebereichen sollen auch innerhalb der genannten Grenzen liegende Werte als Grenzwerte offenbart gelten und in beliebiger Kombination beanspruchbar sein.

Demnach betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zum Spritzgießen, insbesondere zum Mikrospritzgießen, mindestens aufweisend:

- 4 -

- ein Werkzeug mit einer ersten Werkzeughälfte und einer zweiten Werkzeughälfte, wobei die erste Werkzeughälfte und die zweite Werkzeughälfte in einem geschlossenen Zustand des Werkzeugs einen Spritzgussraum definieren und
- mindestens einen in dem Spritzgussraum angeordneten Einsatz, wobei der mindestens eine Einsatz zumindest teilweise ein Polymer aufweist.

Die Vorrichtung weist mindestens einen Einsatz auf, der zumindest teilweise ein Polymer aufweist. Die Vorrichtung kann auch zwei Einsätze oder mehr aufweisen, die zumindest teilweise ein Polymer aufweisen.

Der mindestens eine Einsatz ist bevorzugt, insbesondere zu einem weiteren Einsatz, im geschlossenen Zustand des Werkzeugs ausrichtbar.

Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Spritzgießen, insbesondere zum Mikrospritzgießen, wobei durch ein Werkzeug mit einer ersten Werkzeughälfte und einer zweiten Werkzeughälfte in einem geschlossenen Zustand des Werkzeuges ein Spritzgussraum definiert wird, wobei mindestens ein in dem Spritzgussraum angeordneter Einsatz zumindest teilweise ein Polymer aufweist.

Im Spritzgussraum können auch zwei oder mehr Einsätze angeordnet sein, die zumindest teilweise ein Polymer aufweisen.

Bevorzugt wird der mindestens eine Einsatz im geschlossenen Zustand des Werkzeuges in dem Spritzgussraum ausgerichtet, insbesondere zu einem weiteren Einsatz.

- 5 -

In einer besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform verfügt der mindestens eine Einsatz über eine, insbesondere mittels Imprintlithographie hergestellte, elastische Oberfläche aus strukturiertem, abgeformtem Polymer. Mit anderen Worten kann der mindestens eine Einsatz bzw. dessen Oberfläche einen strukturierten Weichstempel darstellen, welcher als Master für die Urformung des Spritzgussartikels verwendet wird.

Diese elastische Oberfläche aus einem strukturierten, abgeformten Polymer wird im weiteren Verlauf des Textes nur mehr als elastische Strukturen bezeichnet. In einer besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform besteht der Einsatz aus einem Substrat (engl.: back plane), insbesondere einer Platte, noch bevorzugter einem Wafer, auf der das zu strukturierende Polymer abgeschieden und geprägt wird, um die elastischen Strukturen zu erzeugen. In diesem Fall ist der mindestens eine Einsatz eine Bauteilgruppe bestehend aus mindestens zwei Bauteilen, nämlich einem Substrat und einem darauf geprägten Weichstempel. Das Substrat dient insbesondere als Trägersubstrat für den Weichstempel.

Es ist insbesondere vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz zumindest teilweise aus einem polymerelastischen Material besteht.

In einer besonderen Ausführungsform besteht der mindestens eine Einsatz zumindest teilweise aus einem Elastomer.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform besteht der Einsatz, insbesondere die elastischen Strukturen, aus mindestens einem der folgenden Materialien:

- Silikone
 - Vinylfunktionale Polymere

- 6 -

- Vinylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 68083-12-2
- Vinylterminierte Diphenylsiloxane-Dimethylsiloxan Copolymere, insbesondere CAS: 68951-96-2
- Vinylterminierte Polyphenylmethyilsiloxane, insbesondere CAS: 225927-21-9
- Vinylphenylmethyylterminierte Vinylphenylsiloxane-Phenylmethyilsiloxan Copolymer, insbesonder CAS: 8027-82-1
- Vinylterminierte Trifluoropropylmethyilsiloxane-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 68951-98-4
- Vinylmethyilsiloxane-Dimethylsiloxane Copolymer, Trimethylsiloxy terminiert, insbesondere CAS: 67762-94-1
- Vinylmethyilsiloxan – Dimethylsiloxan Copolymer, Silanol teminiert, insbesondere CAS 67923-19-7
- Vinylmethyilsiloxan.Dimethylsiloxan Copolymer, Vinyl terminiert, insbesondere CAS: 68083-18-1
- Vinylgummi
- Vinyl Q Harzdispersionen, insbesondere CAS: 68584-83-8
- Vinylmethyilsiloxan Homopolymere, insbesondere CAS: 68037-87-6
- Vinyl T-Struktur Polymere, insbesondere CAS: 126681-51-9
- Monovinyl funktionalisiertes Polydimethylsiloxan symmetrisch oder asymmetrisch, insbesondere CAS: 689252-00-1

- 7 -

- Vinylmethyilsiloxan Terpolymere, insbesondere
CAS: 597543-32-3
- Vinylmethoxysiloxan Homopolymer, insbesondere
CAS: 131298-48-1
- Vinylethoxysiloxan Homopolymer, insbesondere
CAS: 29434-25-1
- Vinylethoxysiloxan-Propylethoxysiloxan
Copolymer
- Hydridfunktionale Polymere
 - Hydridterminierte Polydimethylsiloxane,
insbesondere CAS: 70900-21-9
 - Polyphenylmethyilsiloxan, Hydrid terminiert
 - Methylhydrosiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer,
Trimethylsiloxyl terminiert, insbesondere CAS:
68037-59-2
 - Methylhydrosiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer,
Hydrid terminiert, insbesondere CAS: 69013-23-6
 - Polymethylhydrosiloxan, Trimethylsiloxyl
terminiert, insbesondere CAS: 63148-57-2
 - Polyethylhydrosiloxan, Triethylsiloxyl terminiert,
insbesondere CAS: 24979-95-1
 - Polyphenyl-Dimethylhydrosiloxysiloxan, Hydrid
terminiert
 - Methylhydrosiloxan-Phenylmethyilsiloxan
Copolymer, Hydrid terminiert, insbesondere CAS:
115487-49-5
 - Methylhydrosiloxan-Octylmethyilsiloxan
Copolymer und Terpolymer, insbesondere CAS:
68554-69-8
 - Hydrid Q Harz, insbesondere CAS: 68988-57-8
- Silanolfunktionale Polymere

- 8 -

- Silanolterminierte Polydimethylsiloxan, insbesondere CAS: 70131-67-8
- Silanolterminiertes Diphenylsiloxan – Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS 68951-93-9 und/oder CAS: 68083-14-7
- Silanolterminiertes Polydiphenylsiloxan, insbesondere CAS: 63148-59-4
- Silanolterminiertes Polytrifluoropropylmethyilsiloxan, insbesondere CAS: 68607-77-2
- Silanol-Trimethylsilyl modifiziertes Q Harz, insbesondere CAS: 56275-01-5
- Aminofunktionalisierte Silikone
 - Aminopropylterminiertes Polydimethylsiloxan, insbesondere CAS: 106214-84-0
 - N-Ethylaminoisobutylterminiertes Polydimethylsiloxan, insbesondere CAS: 254891-17-3
 - Aminopropylmethyilsiloxan – Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 99363-37-8
 - Aminoethylaminopropylmethyilsiloxan – Dimethylsiloxan Copolymer insbesondere CAS 71750-79-3
 - Aminoethylaminoisobutylmethyilsiloxan – Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 106842-44-8
 - Aminoethylaminopropylmethoxysiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 67923-07-3
- Gehinderte Aminfunktionalisierte Siloxane (engl.: hindered amine functional siloxanes)

- 9 -

- Tetramethylpiperidinyloxypropylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 182635-99-0
- Epoxyfunktionalisierte Silikone
 - Epoxypropoxypropylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 102782-97-8
 - Epoxypropoxypropylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 68440-71-7
 - Epoxypropoxypropylterminierte Polyphenylmethyilsiloxan, insbesondere CAS: 102782-98-9
 - Epoxypropoxypropyldimethoxysilylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 188958-73-8
 - Tris(Glycidoxypropyldimethylsiloxy)Phenylsilan, insbesondere CAS: 90393-83-2
 - Mono-(2,3-Epoxy)-Propyletherterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 127947-26-6
 - Epoxycyclohexylethylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 67762-95-2
 - (2-3% Epoxycyclohexylethylmethyilsiloxan)(10-15% Methoxypolyalkyleneoxymethyilsiloxan)-Dimethylsiloxan Terpolymer, insbesondere CAS: 69669-36-9
- Cycloaliphatische Epoxysilane und Silikone
 - Epoxycyclohexylethylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 67762-95-2

- 10 -

- (2-3% Epoxycyclohexylethylmethyilsiloxan)(10-15% MEthoxypolyalkyleneoxymethylSiloxan)-Dimethylsiloxan Terpolymer, insbesondere CAS: 69669-36-9
- Epoxycyclohexylethylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 102782-98-9
- Carbinolfunktionalisierte Silikone
 - Carbinolhydroxylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 156327-07-0, CAS: 104780-66-7, CAS: 68937-54-2, CAS: 161755-53-9, CAS: 120359-07-1
 - Bis(Hydroxyethyl)Amin)terminierte Polydimethylsiloxane
 - Carbinolfunktionalisierte MEthylsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymere, insbesondere CAS: 68937-54-2, CAS: 68957-00-6, CAS: 200443-93-2
 - Monocarbinolterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 207308-30-3
 - Monodicarbinolterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 218131-11-4
- Methacrylate und Acrylat funktionalisierte Siloxane
 - Methacryloxypropylterminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 58130-03-3
 - (3-Acryloxy-2-hydroxypropoxypropyl)terminierte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 128754-61-0
 - Acryloxyterminierte Ethyleneoxide-Dimethylsiloxane-Ethyleneoxide ABA Block Copoly,ere, insbesondere CAS: 117440-21-9

- 11 -

- Methacryloxypropylterminierte verzweigte Polydimethylsiloxane, insbesondere CAS: 80722-63-0
- Methacryloxypropylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere: CAS: 104780-61-2
- Acryloxypropylmethyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer, insbesondere CAS: 158061-40-6
- (3-Acryloxy-2-Hydroxypropoxypropyl)Methyilsiloxan-Dimethylsiloxan Copolymer
- Methacryloxypropyl T-strukturierte Siloxane, insbesondere CAS: 67923-18-6
- Acryloxypropyl T-strukturierte Siloxane
 - Polyhedrales oligomerisches Silsesquioxan (POSS)
 - Tetraethylorthosilicat (TEOS)
 - Poly(organo)siloxane
- Polyhedrales oligomerisches Silsesquioxan (POSS)
- Polydimethylsiloxan (PDMS)
- Tetraethylorthosilicat (TEOS)
- Poly(organo)siloxane (Silikon)
- Perfluoropolyether (PFPE).

Es ist insbesondere vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz in die erste Werkzeughälfte oder in die zweite Werkzeughälfte in einem geöffneten Zustand des Werkzeugs eingesetzt und insbesondere fixiert wird. Das Werkzeug weist im geschlossenen Zustand im inneren den Spritzgussraum auf, welcher durch die erste und die zweite Werkzeughälfte gebildet wird.

In dem Spritzgussraum ist der mindestens eine Einsatz angeordnet und bevorzugt ausrichtbar. Auf diese Weise kann eine Ausrichtung des mindestens

- 12 -

einen Einsatzes vorteilhaft im geschlossenen Zustand des Werkzeuges erfolgen und ein Ausrichtungsfehler korrigiert werden.

Dabei ist insbesondere vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz in eine oder mehrere Richtungen relativ zum Werkzeug beziehungsweise zum Spritzgussraum bewegbar ist. Bevorzugt wird der Ausrichtungsfehler durch ein Vermessen eines mittels Spritzgießen hergestellten Spritzgussartikels ermittelt.

Die Vorrichtung und das Verfahren sind vorzugsweise für die Serienfertigung von Spritzgussartikeln mit besonders hohen Anforderungen an die Formgenauigkeit ausgelegt. Insbesondere können durch die Vorrichtung und das Verfahren Spritzgussartikel hergestellt werden, welche funktionale Bereiche aufweisen. Diese funktionalen Bereiche werden insbesondere durch den ausrichtbaren mindestens einen Einsatz, insbesondere beim Aushärten einer in das Werkzeug eingeleiteten Spritzgussmasse, auf dem Spritzgussartikel abgeformt.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Vorrichtung mindestens einen weiteren in dem Spritzgussraum angeordneten Einsatz aufweist, wobei der Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz im geschlossenen Zustand des Werkzeugs ausrichtbar ist/sind. Auf diese Weise können Spritzgussartikel mit mehreren Einsätzen geformt beziehungsweise hergestellt werden.

Weiterhin können die Einsätze vorteilhaft zueinander im geschlossenen Zustand des Werkzeugs zueinander ausgerichtet werden. Neben einer flexiblen Gestaltung des Spritzgussartikels ist vorteilhaft, dass das eine genaue Ausrichtung für die Fertigung durch ein Ausrichten beider Einsätze ermöglicht wird. In dieser Ausführungsform ist insbesondere ein Einsatz in

- 13 -

der ersten Werkzeughälfte angeordnet und der mindestens eine weitere Einsatz in der zweiten Werkzeughälfte angeordnet.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz jeweils eine Abformoberfläche mit elastischen Strukturen aufweist/aufweisen. Durch die Abformoberflächen kann vorteilhaft die Form der Spritzgussartikel vorgegeben werden.

Mittels der elastischen Strukturen können vorteilhaft besonders kleine, insbesondere Mikrostrukturen und/oder Nanostrukturen, auf den Spritzgussartikel in einem Spritzgießverfahren abgeformt werden. Die Elastizität der Strukturen erlaubt eine noch feinere und genauere Abformung der Strukturen auf dem Spritzgussartikel.

Insbesondere können auch Formen, die sich verzahnen oder hinterschneiden, abgeformt werden. Starre Strukturen könnten bei einer Entformung entweder die Mikrostrukturen und/oder die Nanostrukturen zerstören bzw. selbst zerstört werden. Als Beispiel seien geneigte Mikrostrukturen und/oder Nanostrukturen genannt.

Mittels einer solchen strukturierten Abformoberfläche können vorzugsweise mehrere Spritzgussartikel mit sehr hohen Anforderungen in Serie mittels Spritzguss hergestellt werden. Dadurch wird ein Herstellverfahren aufgezeigt, mit welchem kostengünstig, schnell und mit hoher Qualität Spritzgussartikel hergestellt werden können.

Die elastischen Strukturen bestehen vorzugsweise aus einem Polymer, das in der Halbleiterindustrie für Weichstempel verwendet wird. Derartige Polymere

werden beispielsweise in den Druckschriften WO2015078520A1 und WO2014202127A1 erwähnt.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Abformoberfläche des mindestens einen Einsatzes und die Abformoberfläche des mindestens einen weiteren Einsatzes im geschlossenen Zustand des Werkzeuges zueinander ausrichtbar sind. Mit der Ausrichtung der Abformflächen der Einsätze zueinander kann vorteilhaft die Form des Spritzgussartikels äußerst genau vorgegeben werden. Durch die Ausrichtung der Abformoberflächen der im geschlossenen Zustand des Werkzeuges ausrichtbaren Einsätze, ist es vorteilhaft möglich die Position beziehungsweise die Lage der Abformoberflächen zueinander besonders genau vorzugeben.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die Strukturen der Abformoberfläche des mindestens einen Einsatzes und die Strukturen der Abformoberfläche des mindestens einen weiteren Einsatzes im geschlossenen Zustand des Werkzeuges zueinander ausrichtbar sind.

Mit der Ausrichtung der auf den Abformflächen angeordneten elastischen Strukturen zueinander können vorteilhaft die Positionen der abgeformten Strukturen, auf der Vorder- und der Rückseite des Spritzgussartikels, zueinander exakt eingestellt werden. Insbesondere für einige Anwendungen ist es eine Anforderung, dass nicht nur die bestimmte Formen und Strukturen auf die Spritzgussmasse beziehungsweise auf den Spritzgussartikel besonderes genau abgeformt werden, sondern auch, dass die jeweiligen Positionen der abgeformten Formen und Strukturen zueinander möglichst exakt auf den Spritzgussartikel abgeformt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass in mindestens einer der Werkzeughälften und/oder in den mindestens einen Einsatz und/oder in den mindestens einen weiteren Einsatz und/oder in die jeweiligen Strukturen mindestens eine Heizung integriert ist/sind, so dass der Spritzgussraum, insbesondere eine in den Spritzgussraum geleitete Spritzgussmasse, gezielt durch die mindestens eine Heizung erhitzbar ist.

Bei der Heizung kann es sich um jede Art von Heizung handeln. Denkbar wären beispielsweise eine Widerstandsheizung, oder eine Induktionsheizung. Durch eine induktive Heizung können die Grenzflächen des Werkzeugs beziehungsweise des Einsatzes bzw. der Einsätze, insbesondere der Abformflächen mit elastischen Strukturen, welche beim Spritzgießen direkt mit der Spritzgussmasse in Kontakt stehen vorteilhaft erwärmt werden. Eine unkontrollierte Erstarrung der Spritzgussmasse, insbesondere an den feinen Strukturen der Abformoberfläche der Einsätze, kann auf diese Weise verhindert werden und die flüssige Spritzgussmasse bei einem Spritzgussvorgang vorteilhaft gleichmäßig durchwärmt gehalten werden. Weiterhin wird die Abformqualität erhöht beziehungsweise ein Formfehler an dem herzustellenden Spritzgussartikel verhindert. Insbesondere wird eine Abformung der Mikrostrukturen und/oder der Nanostrukturen durch die erwärmte Abformoberfläche beziehungsweise die erwärmten Strukturen verbessert und vereinfacht.

In einer besonders bevorzugten erfindungsgemäßen Ausführungsform wird die Heizung in den mindestens einen Einsatz eingebaut. Handelt es sich bei dem mindestens einen Einsatz um einen Halbleiter, wird die Heizung direkt als aktives Bauelement ausgeführt, d.h. metallische Leiterbahnen oder Halbleiterelemente die geeignet sind Strom effizient in Joulsche Wärme umzuwandeln, werden direkt im mindestens einen Einsatz hergestellt. Dadurch wird eine sehr effiziente Heizung ermöglicht. Die Heizung wird vorzugsweise wie in der Druckschrift WO2019210976 ausgeführt.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz, insbesondere auf der jeweiligen Abformoberfläche und/oder auf einer jeweiligen Rückseite, eine Vielzahl von Ausrichtungsmarken aufweist/aufweisen. Bei den Ausrichtungsmarken handelt es sich um eine Markierung, welcher eine bestimmte Position auf dem Einsatz zugeordnet werden kann.

Insbesondere handelt es sich um regelmäßig angeordnete Ausrichtungsmarken, insbesondere ein Ausrichtungsmarkenfeld, in welchem jede Ausrichtungsmarke eine bestimmte Position im Ausrichtungsmarkenfeld zugeordnet werden kann. Bei den Ausrichtungsmarken auf der Abformoberfläche kann es sich insbesondere um die auf der Abformoberfläche des mindestens einen Einsatzes angeordneten Strukturen handeln.

Vorzugsweise weist der mindestens eine Einsatz auf der Abformoberfläche und auf der Rückseite Ausrichtungsmarken auf. Besonders bevorzugt sind die Positionen der Ausrichtungsmarken auf der Abformoberfläche zu den Positionen der Ausrichtungsmarken auf der Rückseite des mindestens einen Einsatzes zueinander bekannt.

Die Ausrichtungsmarken können vorzugsweise durch ein optisches Ausrichtungsmittel erfasst, verarbeitet und in Relation zueinander gesetzt werden. Das Ausrichtungsmittel kann beispielsweise innerhalb des Werkzeugs, insbesondere auf der Rückseite des mindestens einen Einsatzes angeordnet sein. Durch die Ausrichtungsmarken wird eine besonders genaue und einfache Ausrichtung des mindestens einen Einsatzes ermöglicht.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Werkzeughälfte und/oder die zweite Werkzeughälfte Sichtfenster aufweist/aufweisen, so dass der mindestens eine Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken im geschlossenen Zustand des Werkzeuges ausrichtbar ist und/oder zueinander ausrichtbar ist/sind. Das Sichtfenster, denkbar sind auch mehrere Sichtfenster, sind im Werkzeug so angeordnet, dass die Ausrichtungsmarken des mindestens einen Einsatzes und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes von außerhalb des Werkzeuges einsehbar, insbesondere für ein optisches Ausrichtungsmittel einsehbar beziehungsweise erfassbar sind.

Auf diese Weise kann der Einsatz/die Einsätze ausgerichtet/zueinander ausgerichtet werden. Vorzugsweise ist das Sichtfenster so im Werkzeug angeordnet, dass im geschlossenen Zustand des Werkzeuges zumindest die Ausrichtungsmarken auf der Rückseite des mindestens einen Einsatzes einsehbar sind. Somit kann vorteilhaft eine überwachte relative Ausrichtung des jeweiligen Einsatzes durchgeführt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass die erste Werkzeughälfte und/oder die zweite Werkzeughälfte jeweils mindestens einen Positioniermechanismus aufweist/aufweisen, so dass der mindestens eine Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken im geschlossenen Zustand des Werkzeuges ausrichtbar ist/sind. Der Positioniermechanismus kann, insbesondere automatisiert oder rechnergesteuert, vorteilhaft die Ausrichtung des mindestens einen Einsatzes und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes bei geschlossenem Werkzeug durchführen.

Dabei wird die Ausrichtung vorteilhaft anhand der Ausrichtungsmarken durchgeführt. Insbesondere ist der Positioniermechanismus so ausgelegt, dass der mindestens eine Einsatz bzw. die Einsätze besonders genau ausrichtbar ist/sind. Vorzugsweise handelt es sich bei dem Positioniermechanismus um einen Aligner. Der auszurichtende Einsatz wird in dem Werkzeug fixiert, ist jedoch durch den Positioniermechanismus ausrichtbar. Auf diese Weise ist der mindestens eine Einsatz vorteilhaft auch bei geschlossenem Werkzeug anhand der Ausrichtungsmarken ausrichtbar.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken auf der Rückseite des mindestens einen Einsatzes und/oder auf der Rückseite des mindestens einen weiteren Einsatzes, die Strukturen der Abformoberfläche des mindestens einen Einsatzes und die Strukturen der Abformoberfläche des mindestens einen weiteren Einsatzes im geschlossenen Zustand des Werkzeuges zueinander ausrichtbar sind. In dieser Ausführungsform ist die Position der Ausrichtungsmarken auf der Rückseite des mindestens einen Einsatzes in Bezug auf die Strukturen auf der Abformoberfläche des mindestens einen weiteren Einsatzes bekannt. Auf diese Weise kann vorteilhaft bei geschlossenem Werkzeug der Einsatz und/oder die Einsätze zueinander, insbesondere die für die Abformung auf den Spritzgussartikel wichtigen Strukturen, nur anhand der Ausrichtungsmarken auf der jeweiligen Rückseite ausgerichtet werden beziehungsweise zueinander ausgerichtet werden. Auf diese Weise ist vorteilhaft eine Ausrichtung der Strukturen auf der Abformoberfläche der Einsätze nur durch die Ausrichtungsmarken auf der Rückseite möglich. Beispielsweise kann eine Ausrichtung anhand der Ausrichtungsmarken auf der Rückseite eines Einsatzes auch noch während des Spritzgießens durchgeführt werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz und mindestens

ein weiterer in dem Spritzgussraum angeordneter Einsatz, insbesondere eine Abformoberfläche des mindestens einen Einsatzes und/oder eine Abformoberfläche des mindestens einen weiteren Einsatzes, im geschlossenen Zustand des Werkzeuges in dem Spritzgussraum zueinander ausgerichtet werden. Auf diese Weise ist es mit dem Verfahren möglich, die Abformoberfläche, insbesondere die auf der Abformoberfläche angeordneten Strukturen, der Einsätze auszurichten beziehungsweise zueinander auszurichten. Folglich wird vorteilhaft die Formgenauigkeit des hergestellten Spritzgussartikels bei dem Spritzgießen erhöht.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass der mindestens eine Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz anhand von einer auf dem Einsatz und/oder dem mindestens einen weiteren Einsatz angebrachten Vielzahl von Ausrichtungsmarken ausgerichtet wird/werden. Auf diese Weise können vorteilhaft der mindestens eine Einsatz und/oder der mindestens eine weitere Einsatz anhand der Ausrichtungsmarken ausgerichtet werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Ausrichten des mindestens einen Einsatzes und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes auf Grundlage einer Vermessung eines Spritzgussartikels, hergestellt nach dem Verfahren zum Spritzgießen, durchgeführt wird. Nach der Herstellung eines Spritzgussartikels kann dieser vermessen und analysiert werden. Dabei werden die Ist-Werte der Formen beziehungsweise der Geometrien des Spritzgussartikels mit Soll-Werten verglichen. Aus diesem Vergleich ist ein Formfehler feststellbar und eine Korrektur ableitbar. Durch erneutes Ausrichten des Einsatzes beziehungsweise der Einsätze kann dieser Fehler bei mehrfacher Durchführung des Ausrichtens iterativ verbessert werden, insbesondere bis die der Formfehler in einem vorgegebenen Toleranzbereich liegt. Vorzugsweise werden die Bereiche des Spritzgussartikels vermessen, in

welchen sich die auf den Abformflächen angeordneten Strukturen abformen, da diese insbesondere für die Funktionalität des hergestellten Spritzgussartikels wichtig sind. Auf diese Weise kann eine Verbesserung der Ausrichtung anhand eines hergestellten Spritzgussartikels erreicht werden.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass ein Ausrichten durch ein Nachbearbeiten des mindestens einen Einsatzes und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes durchgeführt wird. Aufgrund des ermittelten Formfehlers wird eine Korrektur durch Ausrichten des Einsatzes bzw. der Einsätze durchgeführt. Ein Ausrichten kann auch durch eine Nachbearbeitung, insbesondere Abtragen oder Auftragen von entsprechendem Material, erreicht werden. Beispielsweise kann bei gegenüber liegenden Einsätzen ein Formfehler des Spritzgussartikels aufgrund von nicht exakter Parallelität der Einsätze zueinander vorliegen. Insbesondere kann dieses durch Abtragen von Material des Einsatzes, insbesondere auf der Rückseite, erfolgen. Dazu kann beispielsweise Laserstrahlung eingesetzt werden. Vorteilhaft können auf diese Weise Formfehler des Spritzgussartikels ausgeglichen werden, welche beispielsweise durch eine Ausrichtung mittels eines Positioniermechanismus nicht ausgleichbar sind.

In einer anderen bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, dass das Verfahren zumindest die folgenden Schritte aufweist, insbesondere in der folgenden Reihenfolge:

- i) Bestücken des Werkzeuges mit dem Einsatz und/oder mit dem mindestens einen weiteren Einsatz,
- ii) Schließen des Werkzeuges,
- iii) Herstellen eines Spritzgussartikels, insbesondere durch Einbringen einer Spritzgussmasse und Aushärten der Spritzgussmasse,
- iv) Entnehmen und Vermessen des Spritzgussartikels,

- 21 -

- v) Bestimmen eines Ausrichtungsfehlers durch Abgleich mit Soll-Werten,
- vi) Ausrichten des Einsatzes und/oder des mindestens zweiten Einsatzes.

Auf diese Weise kann das Verfahren zum Spritzgießen vorteilhaft iterativ an den Prozess durch Ausrichten der Einsätze angepasst werden.

Ein Aspekt der vorliegenden Erfindung basiert auf einer Modifizierung des Spritzgussverfahrens beziehungsweise der Spritzgussvorrichtung, sodass mit zumindest teilweise flexiblen Einsätzen, insbesondere mittels Weichstempeltechnologie oberflächenstrukturierten Einsätzen, Oberflächen mit Mikrometer- oder Nanometerstrukturen erzeugt werden können. Für die Erhöhung der Spritzgussgenauigkeit werden Ansätze der Halbleiterindustrie angewendet, um Formteile beziehungsweise die Abformflächen auszurichten beziehungsweise zueinander auszurichten. Durch eine Vermessung des hergestellten Spritzgussartikels beziehungsweise des Endproduktes und Rückkopplung kann die Genauigkeit des Herstellungsverfahrens erhöht beziehungsweise angepasst werden. In diesem Zusammenhang meint Rückkopplung, dass der mehrfach in Serie hergestellte Spritzgussartikel vermessen wird und eventuell dadurch feststellbare Fehler am Spritzgussartikel mittels Ausrichtung der Einsätze und/oder durch Nachbearbeitung der Einsätze ausgeglichen werden, sodass die Qualität des jeweils hergestellten Spritzgussartikels iterativ verbessert werden kann.

Durch die erfindungsgemäße Vorrichtung und das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Funktionalisierung der Oberfläche(n) des geprägten Werkstücks ermöglicht, sodass die Herstellungskosten durch die Optimierung des jeweiligen Herstellungsverfahrens die Kosten gesenkt werden können und gleichzeitig die Genauigkeit des Werkstücks erhöht wird. Mit anderen Worten kann ein herkömmliches Herstellungsverfahren für die Formgebung verwendet

werden. Insbesondere wird die Oberflächenfunktionalisierung mit dem neuartigen, hochgenauen mindestens einen Einsatz in dem Werkzeug erreicht. Die Herstellung eines Spritzgussartikels mit funktionalen Oberflächen beziehungsweise mikro- und/oder nanostrukturierten Oberflächen war bisher mit herkömmlichen Spritzgussvorrichtungen beziehungsweise Spritzgussverfahren nicht möglich.

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Spritzgießen, insbesondere Mikrospritzgießen. Es geht also um die Fertigung von Spritzgussartikeln mit sehr kleinen Strukturen, welche durch die Abformflächen auf die Spritzgussmasse beziehungsweise den entsprechenden Spritzgussartikel abgeformt werden.

Eine bekannte Spritzgießvorrichtung wird so ausgelegt, dass die Genauigkeit und/oder Form- und Lagetoleranzen und/oder Oberflächengüte und/oder Oberflächenfunktionalisierung des hergestellten Spritzgussartikels mittels insbesondere zumindest teilweise elastischen, bevorzugt mikrostrukturierten Einsätzen, verbessert werden.

Beim Spritzgießen wird allgemein ein Spritzgussartikel in einem Werkzeug in einer Urformung beziehungsweise Spritzgussraum (auch Spritzgusskammer genannt) hergestellt, wobei das Werkzeug mit einer Spritzgussmasse gefüllt wird. Die Spritzgussmasse weist dabei bestimmte Zustandsvariablen in Bezug auf das spezifische Volumen, Temperatur und Einfülldruck auf. Das Werkzeug wird unter hohem Druck mit einer über der Schmelztemperatur der Spritzgussmasse erhitzten, kompressiblen und komprimierten Spritzgussmasse gefüllt und nachgedrückt. Die Temperatur der Spritzgussmasse liegt insbesondere 10°C, vorzugsweise 25°C, noch bevorzugter 50°C, am bevorzugtesten 75°C über der Schmelztemperatur der Spritzgussmasse. Die Schmelze erstarrt unter dem Nachdruck im Werkzeug. Nach der

Phasenumwandlung in den festen Zustand (mit physikalisch bedingter, nicht vermeidbarer Schrumpfung) und insbesondere nach Erreichen des Atmosphärendrucks im Werkzeug, wird das Werkzeug zumindest in einer Formteilungsebene geöffnet und der Spritzgussartikel entnommen oder automatisiert herausgeworfen.

Für die erreichbare Maßhaltigkeit des Spritzgussartikels sind die Zustandsvariablen Material, Temperatur, Druck sowie Formgebung und/oder Funktionalisierung des Werkzeugs verantwortlich.

Die erste offenbarte Spritzgießvorrichtung beinhaltet zumindest ein modifiziertes Werkzeug mit zumindest einem Einsatz für die Anpassung und/oder Funktionalisierung des Werkzeugs und somit des hergestellten Spritzgussartikels.

Der Einsatz weist bevorzugt eine insbesondere mikro- oder nanostrukturierte Oberfläche auf, welche bei der Herstellung des Spritzgussartikels abgeformt wird.

Besonders bevorzugt weist der mindestens eine Einsatz eine Beschichtung, bevorzugt eine strukturierte Beschichtung, besonders bevorzugt eine mikrostrukturierte oder nanostrukturierte Beschichtung auf, welche bei der Herstellung des Spritzgussartikels abgeformt wird.

Bevorzugt ist, dass der mindestens eine Einsatz eine elastische Strukturierung, insbesondere mit Mikrostrukturen und/oder Nanostrukturen aufweist. Somit kann ein insbesondere zumindest teilweise starrer Einsatz mit nachgiebigen Strukturen auf seiner Oberfläche eine bessere Abformung von Spritzgussartikeln mit hoher Genauigkeit, hohen Anforderungen an

Oberflächenstrukturierung und/oder engen Form- und Lagetoleranzen hergestellt werden.

Bevorzugt wird eine Funktionstrennung, insbesondere zwischen grober Formgebung und Funktionalisierung zumindest einer Artikeloberfläche, bewirkt, indem die Form und Auslegung des Werkzeugs und/oder des mindestens einen Einsatzes zumindest die grobe Formgebung festlegt und die insbesondere elastische Strukturierung der Einsatzoberfläche, welche im Spritzgussartikel abgeformt wird, die Oberfläche des Spritzgussartikels beziehungsweise die Funktionalisierung der Oberfläche des Spritzgussartikels bestimmt.

Es ist denkbar, dass in mindestens einem, insbesondere mikro- oder nanostrukturierten, Einsatz eine zusätzliche, lokale Heizung eingebaut ist, um die Formtreue der Abformung zu erhöhen und einen höheren sogenannten Formfaktor (Aspect ratio) zu erhalten, also höhere und schmalere Strukturen herstellen zu können.

Es ist ebenfalls denkbar, dass die Heizung in die Oberflächenstrukturierung des mindestens einen Einsatzes eingekoppelt wird, um die Spritzgussmasse zielgerichtet und direkt in dem mit der Spritzgussmasse in Kontakt stehenden Bereichen zu beheizen. Der Formfaktor der strukturierten Abformflächen kann somit weiter verbessert werden.

In dem Werkzeug einer erfindungsgemäßen Spritzgießvorrichtung wird insbesondere eine eigenständige Erfindung gesehen. Die für die Funktion des Spritzgussartikels nicht primär relevanten Teile des Werkzeugs können mit herkömmlichen Herstellungsverfahren gemäß ISO 2768-1 sowie ISO 2768-2 insbesondere „fein“ beziehungsweise „hoch“ klassifiziert ausgelegt werden.

Das Werkzeug beinhaltet zumindest einen Einsatz. Der mindestens eine Einsatz kann mittels eines Prägeverfahrens zumindest auf der abzuformenden Oberfläche des Einsatzes beschichtet und somit funktionalisiert werden.

Der mindestens eine Einsatz mit höheren Anforderungen an Oberflächenbeschaffenheit, Funktionalisierung wie insbesondere mikrostrukturierte periodische Oberflächenstrukturen wird bevorzugt mit sogenannten Mikroreplikation, insbesondere mikro- oder nanolithographischen Prägeverfahren, hergestellt und im Werkzeug als zumindest teilelastischer Einsatz ins Werkzeug integriert. Durch diese Oberflächenbeschichtung mittels der Prägeverfahren können die zumindest teilelastischen Strukturen auf dem mindestens einen Einsatz vorteilhaft individuell und genau auf die Spritzgussartikel abgeformt werden.

Die Oberflächenstrukturen des mindestens einen Einsatzes werden beispielsweise mittels lithographischen Imprinttechnologie auf dem jeweiligen Einsatz hergestellt, insbesondere wie die Technologie, die in der Schrift EP2870510B1 im Detail beschrieben ist.

Der mindestens eine Einsatz, welcher beispielsweise anorganische Träger, vorzugsweise Halbleitermaterialien, und/oder besonders bevorzugt Siliziumnitrid (Si_3N_4) und/oder Siliziumcarbid (SiC) und/oder Diamant und/oder technisches Glas beinhalten kann, wird im Werkzeug bevorzugt ausrichtbar befestigt. Der mindestens eine Einsatz ist folglich örtlich fixiert, kann jedoch gezielt bewegt werden und somit an einer anderen Position fixiert gelagert werden.

Es ist auch denkbar, dass mit einer bekannten Imprintlithographietechnologie eine insbesondere elastische Struktur zunächst auf einem Träger erzeugt wird, welche anschließend auf die Oberfläche des mindestens einen Einsatzes übertragen wird. Zur Strukturübertragung können insbesondere Plasmaaktivierung und/oder Kleber verwendet werden. Vorzugsweise werden die elastischen Strukturen allerdings direkt auf der Oberfläche des mindestens einen Einsatzes hergestellt. Für die Ausrichtung und/oder Vorfixierung der Strukturierung auf der Oberfläche des mindestens einen Einsatzes kann ein Aligner verwendet werden. Dabei kann beispielsweise ein Bearbeitungslaser zur Befestigung des Trägers auf dem mindestens einen Einsatz verwendet werden beziehungsweise im Werkzeug integriert sein.

In einer besonders bevorzugten vorteilhaften Ausführungsform des Werkzeugs ist es möglich, den mindestens einen Einsatz mit einem, aus der Halbleitertechnik bekannten Aligner, im Werkzeug auszurichten und zu befestigen. Die Ausrichtungsgenauigkeit des mindestens einen Einsatzes im Werkzeug ist in dem Fall besser 5 Mikrometer, bevorzugt besser 1 Mikrometer, besonders bevorzugt besser 500 Nanometer, ganz besonders bevorzugt besser 250 nm, insbesondere in der lateralen Ebene des Werkzeugs. Dieselbe Ausrichtungsgenauigkeit kann durch den Aligner oder weitere Aligner in andere Bewegungsrichtungen des Werkzeugs bereitgestellt werden.

Bevorzugt wird die Ausrichtungsgenauigkeit des mindestens einen Einsatzes im Werkzeug am hergestellten Spritzgussartikel gemessen. In einem Serienherstellungsprozess können also der erste beziehungsweise die ersten hergestellten Spritzgussartikel vermessen werden und somit, durch einen Vergleich der vermessenen Ist-Werte mit vorgegebenen Soll-Werten, die Ausrichtungsgenauigkeit bestimmt werden.

Bevorzugt ist ein Aligner als Ausrichtungsmodul in der Spritzgießvorrichtung integriert. Demnach können mit einer modularen Bauweise die Vorrichtungen mit Modulen wie Messmodule zur Vermessung des Spritzgussartikels, Materialaufbereitungsmodul flexibel und nach Anwendungsbedürfnissen der Spritzgießvorrichtung zugefügt werden.

Es ist insbesondere denkbar, einen sogenannten Maskaligner der Halbleiterindustrie zu modifizieren, sodass bestehende optische Systeme, welche monochromatische UV-Strahlung erzeugen, eingesetzt werden können. So ist es auch denkbar, dass die Spritzgießvorrichtung einen Aligner und Imprinter für die Herstellung einer insbesondere elastischen mikro- oder nanostrukturierten Oberfläche auf einem Einsatz beinhaltet.

Es ist weiterhin bevorzugt denkbar, den mindestens einen Einsatz im Werkzeug in einem kombinierten Aligner auszurichten und insbesondere mit hochenergetischer Strahlung, insbesondere mit Laser oder Heizung im Werkzeug vor zu befestigen, sodass der Einsatz mit elastischer Oberflächenbeschichtung positionstreu im Werkzeug befestigt wird und das Werkzeug bewegt werden kann.

Die Befestigung stellt eine Verbindung des mindestens einen Einsatzes mit dem Werkzeug her, welche auf die Betriebsbedingungen (Überdruck bis über 2000 bar, bevorzugt über 2400 bar, Temperaturen der Prägemasse sowie des Werkzeugs bis über 150 Grad Celsius, bevorzugt bis über 200 Grad Celsius) angepasst beziehungsweise ausgelegt ist. Durch die Befestigung wird der mindestens eine Einsatz im Werkzeug lage- und positionstreu, insbesondere zwangsfrei, fixiert.

Die zwangsfreie Befestigung des mindestens einen Einsatzes im Werkzeug bedeutet, dass genau sechs Bewegungsfreiheitsgrade dem mindestens einen

Einsatz genommen werden. Damit werden vorteilhaft Verformungen wegen parasitären Kräften am Einsatz vermieden.

Die Ausrichtungsgenauigkeit der Einsätze zueinander, wiederum gemessen am Spritzgussartikel, bezeichnet der Fachmann als den resultierenden Ausrichtungsfehler. Der Ausrichtungsfehler besteht also relativ zwischen einem Einsatz und einem zweiten Bauteil, insbesondere einem weiteren Einsatz.

Der Ausrichtungsfehler, insbesondere relativ gemessen für zwei mit ihren jeweiligen Abformflächen zugewandten Einsätzen, am Spritzgussartikel ist bevorzugt kleiner 10 Mikrometer, bevorzugt kleiner 5 Mikrometer, besonders bevorzugt kleiner 1 Mikrometer, ganz besonders bevorzugt kleiner 500 Nanometer, am aller bevorzugtesten kleiner 200 Nanometer.

Für spezielle, insbesondere optische, Anwendungen sind geringere Ausrichtungsfehler notwendig. Also ist der Ausrichtungsfehler am Spritzgussartikel kleiner 150 Nanometer, bevorzugt kleiner 100 Nanometer, besonders bevorzugt kleiner 50 Nanometer.

In Fällen, in welchen in den Spritzgussartikel periodische, bevorzugt identische beziehungsweise sich periodisch wiederholende, Strukturen abgeformt werden, ist es für die Funktionalität wichtig, dass die Perioden zueinander ausgerichtet werden.

Ob die Perioden zueinander als „Berg zu Berg“ oder „Tal zu Tal“ oder „Tal zu Berg“ ausgerichtet werden, ist für die Betrachtung des Periodenfehlers am Spritzgussartikel nicht von Relevanz. So ist der Periodenfehler als Abweichung vom idealen, vorgegebenen Ausrichtungszustand zu betrachten.

- 29 -

Es zählt lediglich die Abweichung, also der Fehler des Spritzgussartikels. Somit ist es vorteilhaft möglich, den Ausrichtungszustand der Perioden zueinander als Qualitätsmerkmal anzugeben. Ein Ausrichtungsfehler, welcher genau eine Periode ist, verursacht lediglich einen Fehler am Rand der Prägestrukturen des Spritzgussartikels, mit anderen Worten einen Versatzfehler um die Länge einer Periode.

Der Ausrichtungsfehler, insbesondere Periodenfehler, soll hier weniger betragen als 0,25 Periode, bevorzugt weniger als 0,1 Periode, besonders bevorzugt weniger als 0,05 Periode, gemessen am Spritzgussartikel.

Der Ausrichtungsfehler muss auch in Bezug zur Rotation minimal sein. Über eine Distanz von 50mm sollten die Strukturen nicht weiter als $1.0\mu\text{m}$ abweichen. Das entspricht einem maximalen Winkel von $2 \cdot 10^{-5}^\circ$. Der Ausrichtungsfehler bezüglich des Winkels ist daher kleiner als $2 \cdot 10^{-5}^\circ$, vorzugsweise kleiner als 10^{-5}° , noch bevorzugter kleiner als $5 \cdot 10^{-6}^\circ$, am bevorzugtesten kleiner als $2 \cdot 10^{-6}^\circ$, am allerbevorzugtesten kleiner als $2 \cdot 10^{-7}^\circ$.

Mit anderen Worten wird ein Rotationsfehler bei einer Referenzlänge von 50 mm kleiner $1\mu\text{m}$, bevorzugt kleiner 500nm, besonders bevorzugt kleiner 250nm, ganz besonders bevorzugt kleiner 100nm, am allerbevorzugtesten kleiner 10nm gemessen am Umfang und/oder Rand des Artikels betragen.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Spritzgießvorrichtung kann die Spritzgießmasse eine lichtempfindlich härtende, insbesondere UV-härtende Komponente beinhalten. Bei der Verwendung einer solchen Spritzgießmasse findet keine thermisch bedingte Aushärtung beziehungsweise Phasenumwandlung von einer Flüssigkeit in den Feststoff der

- 30 -

Spritzgussmasse statt, sondern eine auf UV-Strahlung basierte Phasenumwandlung.

Das Werkzeug in dieser Ausführungsform der Spritzgießvorrichtung beinhaltet integrierte Strahlungsquellen und/oder für die Aushärtungsstrahlung transparente Bestrahlungsfenster, durch welche die Aushärtungsstrahlung die Spritzgussmasse bestrahlt, um eine Aushärtung zu initiieren. In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Werkzeug transparent.

Es können technische Polymere und/oder sogenannte commodity plastics, mit anderen Worten Polymere aus Massenproduktion, als Spritzgussmasse verwendet werden. Die Materialauswahl richtet sich dabei an den Verwendungszweck des Spritzgussartikels.

Es können Polymere und/oder deren Mischungen und/oder Blends mit oder ohne Füllstoffen verwendet werden, welche insbesondere folgende Werkstoffe beinhalten können:

- POSS
- Polyethylene (LDPE, HDPE) und/oder
- Polypropylene (PP, auch chlorierte, PVC), und/oder
- Polystyrole, und/oder
- Methacrylate (PMMA), und/oder
- Terephthalate (PET), und/oder
- fluorierte Polymere (PTFE), und/oder
- TPO, CAB, ABS, PA-66, POM, PC, PPS, PES, LCP, PEEK, PF, UF, UP, EP, PIB und/oder PIM.

- 31 -

Die Schrumpfung des verwendeten Spritzgussmasse beträgt bevorzugt weniger als 5%, besonders bevorzugt weniger als 3%, noch bevorzugter weniger als 1,7%, am aller bevorzugtesten weniger als 0,7%.

Eine zweite Ausführungsform einer Spritzgießvorrichtung beinhaltet zumindest ein modifiziertes Werkzeug mit zwei, zueinander auszurichtenden Einsätzen, welche mit insbesondere elastischen, bevorzugt mikrostrukturierten und/oder nanostrukturierten Oberflächen die Funktionalisierung des Spritzgussartikels durchführen.

In dieser Ausführungsform der Spritzgussvorrichtung können zumindest zwei Einsätze mit insbesondere elastischen mikrostrukturierten und/oder nanostrukturierten Einsatzoberflächen im Werkzeug zueinander ausgerichtet und befestigt werden.

Die Ausrichtungsgenauigkeit der Einsätze zueinander im Werkzeug beträgt so viel, wie die Ausrichtungsgenauigkeit eines Einsatzes im Werkzeug.

Es ist möglich, die Einsätze im Werkzeug so anzuordnen, dass sie auf unterschiedliche Werkzeughälften der Teilungsebene des Werkzeugs fallen. Auf diese Weise kann die Vorrichtung und das Verfahren zum Spritzgießen besonders flexibel bezüglich der Position der Einsätze im Werkzeug gestaltet werden.

Um den Ausrichtungsvorgang der Einsätze zueinander mit hoher Genauigkeit durchzuführen ist es möglich, dass das Werkzeug zumindest teilweise transparent ausgeführt ist. Mit anderen Worten kann das Werkzeug herausnehmbare Stützteile, welche zur Kraftübertragung und gleichmäßigen Kraftverteilung des Anpressdrucks dienen, besitzen, sowie Sichtfenster oder

Ausrichtungsfenster, mit deren Hilfe eine Ausrichtung der Einsätze beziehungsweise der strukturierten Oberflächen der Einsätze in einem vollständig geschlossenen Zustand des Werkzeugs erfolgen kann. Um die Kräfte sowie Temperaturschwankungen des Spritzgussvorgangs mit den insbesondere elastischen, mikrostrukturierten Einsätzen sowie Sichtfenstern und/oder Ausrichtungsfenster aufnehmen zu können, kann das Werkzeug entsprechende Stützstrukturen beinhalten. Die Sichtfenster können insbesondere auch zum Aushärten der Spritzgussmasse mit UV-Strahlung ausgebildet sein.

Um eine präzise Ausrichtung des Einsatzes/der Einsätze in den zumindest zwei Werkzeughälften des Werkzeugs durchzuführen ist es nötig, dass die Einsätze im geschlossenen Werkzeug zueinander ausgerichtet werden. Auf diese Weise ist es möglich Ausrichtungsfehler des Einsatzes beziehungsweise der Einsätze zueinander, welche während dem Schließen oder in dem geschlossenen Zustand des Werkzeugs entstehen oder bereits bei der Befestigung im Werkzeug vorhanden sind, auszugleichen beziehungsweise zu korrigieren.

Die Ausrichtung kann beispielsweise durch sogenannte Ausrichtungsmarken beziehungsweise Markierungen erfolgen. Diese sind auf dem Einsatz oder auf den Einsätzen angebracht. Vorzugsweise ist auf jedem Einsatz, welcher im geschlossenen Zustand des Werkzeugs ausrichtbar ist, mindestens eine Markierung.

Die Ausrichtung erfolgt vorzugsweise durch eine optische Ausrichtung zumindest einer Markierung, welche auf der Rückseite eines Einsatzes angeordnet ist, zu einer Ausrichtungsmarke, welche auf der Rückseite eines weiteren Einsatzes angeordnet ist. Somit kann eine Ausrichtung vorteilhaft

über die den jeweiligen Abformflächen abgewandten Rückseiten der Einsätze erfolgen.

Die Markierungen beziehungsweise Ausrichtungsmarken können in der Halbleiterindustrie übliche Kreuze, propellerartige Ausrichtungsmarken, Kreise, polygone Muster, Linienmuster zur optischen Interferenz, QR-Codes, beinhalten.

Vorzugsweise sind die Ausrichtungsmarken in einem Markenfeld angeordnet, wobei die einzelnen Ausrichtungsmarken einen Informationsgehalt aufweisen, sodass die Position im Markenfeld, und damit die Position des entsprechenden Einsatzes relativ zu einem optischen Ausrichtungsmittel, bekannt ist. Eine Ausrichtung kann dann vorteilhaft relativ, aufgrund der bekannten Position der einzelnen Marke im Markenfeld, erfolgen.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn ein Einsatz auf zwei, einander gegenüberliegenden Oberflächen Ausrichtungsmarken beziehungsweise Markierungen beinhaltet. Vorzugsweise befinden sich diese auf der jeweiligen Rückseite des Einsatzes und auf der jeweiligen Seite der Abformflächen des Einsatzes. Auf diese Weise kann vorteilhaft von beiden Seiten des Einsatzes eine Ausrichtung erfolgen.

Ganz besonders bevorzugt ist, dass die Spritzgussvorrichtung einen Aligner und Fixierung für zwei Einsätze aufweist, wobei der Aligner eine Korrelation einer Oberflächenstrukturierung, welche dann insbesondere als Ausrichtungsmarken fungieren, auf der Abformfläche, zu Ausrichtungsmarken auf der Rückseite des Einsatzes vornimmt, wobei die Korrelation insbesondere auf Bildauswertung basiert. Mittels der korrelierten Daten kann eine Rückseite zu Rückseite-Ausrichtung von zumindest zwei Einsätzen durchgeführt werden. Die optischen Ausrichtungsmittel für die Erfassung der

jeweiligen Ausrichtungsmarken auf der Rückseite können dabei innerhalb des Werkzeugs angeordnet sein. Die Ausrichtung der Einsätze zueinander kann somit vorteilhaft beim geschlossenen Zustand des Werkzeugs stattfinden.

Auch ist denkbar, dass die Ausrichtung durch außerhalb des Werkzeugs angeordnete Ausrichtungsmittel erfolgt, welche durch beispielsweise Kanäle oder Ausrichtungsfenster die Ausrichtungsmarken beziehungsweise Markierungen der Einsätze erfassen können.

Eine Oberflächenstrukturierung des Einsatzes kann auf der Einsatzoberfläche beziehungsweise der Abformoberfläche insbesondere ausgerichtet erfolgen, sodass die Position und Lage der insbesondere weichen Oberflächenstrukturen vermessen werden kann. In diesem Fall können vorteilhaft die Oberflächenstrukturen als Ausrichtungsmarken beziehungsweise Markierungen dienen. Insbesondere ist denkbar, dass die Einsätze auf der Rückseite weitere Markierungen beziehungsweise Ausrichtungsmarken aufweisen, welche relativ zu den Oberflächenstrukturen vermessen werden können. Auf diese Weise ist bei dem Vermessen einer Markierung ebenfalls die Position der gegenüberliegenden Oberflächenstrukturen bekannt und umgekehrt.

Der Einsatz kann unterschiedliche Regionen oder unterschiedliche Schichten der Oberflächenstrukturen aufweisen. Diese können abzuformende Oberflächenstrukturen und/oder nicht abzuformende Oberflächenstrukturen, insbesondere Ausrichtungsmarken beinhalten. Die Oberflächenstrukturen können in einem sogenannten „first print“ oder in einer sequenziellen Herstellung erstellt werden.

In einer vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung können auf der, insbesondere mit weichen, abzuformenden Strukturen versehene, Oberfläche

des Einsatzes sowie auf der dazu gegenüberliegenden Oberfläche des Einsatzes Markierungen, insbesondere Ausrichtungsmarken angebracht und/oder aufgebracht und/oder eingebracht werden. Mit anderen Worten kann der Einsatz auf beiden Oberflächen Ausrichtungsmarken und/oder Ausrichtungsmarkenfelder beinhalten, welche insbesondere mittels Lithographie oder Elektronenstrahl den Einsatz für die Ausrichtung in einem Aligner qualifizieren.

Vorzugsweise werden die Ausrichtungsmarken der Oberflächenstrukturierung im Bezug zur gleichen Oberfläche des Einsatzes vermessen, um die Position der Oberflächenstrukturen auf dem Einsatz verifizieren zu können.

Besonders vorteilhaft ist die Vermessung und das Referenzieren der Ausrichtungsmarken der Oberflächenstrukturierung zu den Ausrichtungsmarken der nicht oberflächenstrukturierten (geprägten) Seite des Einsatzes vorgesehen. Mit anderen Worten wird eine Korrelation der Oberflächenstrukturierung (insbesondere deren Position und/oder Lage) zur Rückseite des Einsatzes hergestellt. Somit ist es möglich, die Oberflächenstrukturen der Einsätze zueinander so auszurichten, dass sie nicht direkt optisch für einen Aligner zugänglich sind. Mit der Korrelation der Vorderseite des Einsatzes zur Rückseite können die Einsätze anhand der nicht oberflächenstrukturierten (geprägten) Rückseiten zueinander ausgerichtet werden, als ob die Oberflächenstrukturierungen direkt zueinander ausgerichtet wären.

Ganz besonders bevorzugt wird die Ausrichtung der Einsätze zueinander im geschlossenen Werkzeug durchgeführt.

Da alle oberflächenstrukturierten Einsätze vermessen und in sich korreliert werden können, können die gemessenen Ausrichtungsfehler der

Spritzgussartikel anhand von Fehlerkorrekturvektoren, welche aus den Ausrichtungsfehlern der Spritzgussartikel abgeleitet werden, korrigiert werden, indem die Einsätze zueinander verbessert ausgerichtet werden.

Die Überprüfung des Ausrichtungserfolgs resultiert aus der Vermessung der hergestellten Spritzgussartikel beziehungsweise dem Ermitteln des Ausrichtungsfehlers anhand eines hergestellten Spritzgussartikels.

Es ist insbesondere vorgesehen, dass die Einsätze im geschlossenen Werkzeug eine Zustellbewegung von weniger als 1000 Mikrometer, bevorzugt weniger 500 Mikrometer, besonders bevorzugt weniger 250 Mikrometer, insbesondere mittels Festkörpergelenke, insbesondere spielfrei, positionierbar beziehungsweise ausrichtbar sind.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können im Werkzeug integrierte Luftlager die Beweglichkeit des Einsatzes fördern. Auf diese Weise wird ein leichtes und sehr genaues Ausrichten ermöglicht.

Die Zustellbewegung bedeutet mit anderen Worten den maximal möglichen Verfahrweg des Einsatzes im Werkzeug bei der Ausrichtung.

Aus dem maximalen Verfahrweg beziehungsweise der maximal möglichen Zustellbewegung folgt, dass die Ausrichtungsmarken zumindest eine Fläche, welche größer ist, als die Vektorsumme der Verfahrvektoren der Positioniervorrichtung beziehungsweise Ausrichtungsvorrichtung abdeckt. Beispielsweise soll in x-Richtung 1 mm verfahren werden können sowie in y-Richtung ebenfalls 1 mm verfahren werden können, dann sollten die Ausrichtungsmarken auf einer Fläche größer 1 mm^2 im Blickfeld des Aligners vorhanden sein.

Es ist vorgesehen, dass die Einsätze mittels Feinpositionierer, insbesondere mit Piezoantrieben und/oder Differenzialgewinde-Stellmitteln positionierbar sind.

Beispielsweise können Piezoantriebe, lineare Piezoantriebe, Gewindeantriebe o.ä. verwendet werden.

Es ist zudem vorgesehen, dass die Einsätze nach der Ausrichtung zueinander im Werkzeug so befestigt werden, dass die Herstellung einer Serie von Spritzgussartikeln oder zumindest die Herstellung einer zumindest statisch relevanter Probe von Spritzgussartikeln die Position und die Lage der Einsätze um weniger als 1% verstellt, bevorzugt um weniger als 50 ppm verstellt, besonders bevorzugt um weniger als 100 ppb verstellt. Die Verstellung bezieht sich auf den Idealwert der hergestellten Spritzgussartikel. Mit anderen Worten wird die Streuung der Herstellungsfehler bezüglich der Lage und/oder Position der Einsätze in einem schmalen Toleranzfeld unter 1%, bevorzugt weniger 50ppm, besonders bevorzugt unter 100 ppb gehalten.

Nachdem die iterativen Korrekturen in der Position und Lage der Einsätze im Werkzeug abgeschlossen sind, welche als Effekt die Minimierung des Herstellungsfehlers am Spritzgussartikel mit sich bringt, können die Einsätze für eine insbesondere Serienfertigung im Werkzeug befestigt werden.

Unter Befestigung wird in diesem Falle verstanden, dass ein Ablösen des Einsatzes vom Werkzeug nicht ohne Schädigung des Einsatzes (insbesondere wegen der hohen Adhäsion zum Werkzeug) möglich ist.

Es ist denkbar, dass ein Tausch eines befestigten Einsatzes notwendig wird. In dem Fall kann ein Einsatz zerstört werden, die Funktionalität des Werkzeugs soll jedoch bis auf eine notwendige Reinigung erhalten bleiben und ohne Nachbearbeitung des Werkzeugs einen weiteren Einsatz aufnehmen können.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Werkzeugs in der Spritzgießvorrichtung ist es vorteilhaft vorgesehen, dass insbesondere die Form- und Lagetoleranzen des Spritzgussartikels mit dem offenbarten Verfahren insbesondere mittels Nachbearbeitung der elastischen Oberflächenstrukturen zumindest einer der Einsätze und/oder mittels Nachbearbeitung zumindest eines der Einsätze erhöht werden. Insbesondere kann die Planparallelität des Spritzgussartikels erhöht werden.

Es ist weiterhin vorgesehen, dass das Werkzeug beziehungsweise die Anordnung des Einsatzes beziehungsweise der Einsätze in einem iterativen, insbesondere approximierenden Validierungsverfahren, eingestellt werden.

Es wird ein Werkzeug erstellt, mit welchem eine insbesondere statistisch relevante Menge von Spritzgussartikeln, insbesondere einer Serie, hergestellt wird.

Die Spritzgussartikel werden vermessen und insbesondere statistisch ausgewertet. Auf diese Weise kann vorteilhaft ein durchschnittlicher Ausrichtungsfehler ermittelt werden.

Auf dieser Grundlage kann dann eine Korrektur des Werkzeugs, insbesondere eine Justierung des Einsatzes durchgeführt werden. Diese Korrektur kann beispielsweise darin bestehen, dass Material abgetragen oder hinzugefügt

wird und/oder die Orientierung geändert wird und/oder die Lage des Einsatzes angepasst wird.

Es werden korrigierte Spritzgussartikel in einer insbesondere statistisch relevanten Menge hergestellt und ausgewertet. Es wird entweder iterativ eine weitere Approximation des idealen Spritzgussartikels durchgeführt oder die Produktion des Spritzgussartikels gestartet.

Für die weitere Fehlerkorrektur kann eine statistische Auswertung von Stichproben des Spritzgussartikels durchgeführt werden, um weitere notwendige Anpassungen durchführen zu können. Insbesondere ist vorgesehen, dass Alterungseinflüsse sowie Abnutzung des Werkzeugs frühzeitig erkannt werden können.

Mit anderen Worten findet eine, für jedes Werkzeug der Spritzgießvorrichtung individuelle Anpassung und Justierung vor einer Serienfertigung der Spritzgussartikel statt, welche die Qualität des Spritzgussartikels verbessert und engere Toleranzen des Spritzgussartikels insbesondere an den mikrotechnisch hergestellten Regionen ermöglicht.

Ein erstes bevorzugtes beispielhaftes Verfahren zum Spritzgießen wird mit insbesondere den folgenden Schritten, vorzugsweise mit dem folgenden Ablauf durchgeführt.

- Das Werkzeug wird mit zumindest einem elastischen, mikrostrukturierten oder nanostrukturierten Einsatz bestückt.
- Das Werkzeug wird geschlossen.

- 40 -

- Insbesondere im integrierten Aligner (Ausrichtungsmodul) werden die der Einsatz zum Werkzeug und/oder die Einsätze zueinander insbesondere Rückseite zu Rückseite ausgerichtet und im Werkzeug befestigt.
- Das Werkzeug wird in der Spritzgussvorrichtung eingebaut.
- Es wird zumindest ein Spritzgussartikel insbesondere mittels Spritzgussverfahren hergestellt.
- Der Spritzgussartikel wird aus dem Werkzeug herausgenommen und insbesondere in einer 3D-Koordinatenmessmaschine vermessen. Die Daten werden dem Datenspeicher und Datenanalysevorrichtung weitergegeben.
- Der Spritzgussartikel wird in einem optionalen Verfahrensschritt auf Funktion überprüft und/oder getestet.
- Es wird vom Rechner ein Fehler-Vektorfeld erstellt, welche aus den Messwerten sowie aus den Sollwerten abgeleitet wurde. Die Korrekturfaktoren und Korrekturmaßnahmen werden ermittelt.
- Die gezielten Korrekturen werden angewendet.
- Die gezielten Korrekturen beinhalten die Veränderung der Position und Lage des zumindest einen Einsatzes im Werkzeug.

- 41 -

- Es wird optional eine weitere Iteration der Einstellung des Werkzeugs und des Einsatzes durchgeführt.

Ein weiteres bevorzugtes beispielhaftes Verfahren zum Spritzgießen weist insbesondere die folgenden Verfahrensschritte auf, insbesondere mit dem folgenden Ablauf.

In vorbereitenden Verfahrensschritten wird das Werkzeug bereitgestellt. Dazu ist es notwendig, die Einsätze mit Oberflächenstrukturen zu funktionalisieren. Es wird die Korrelation eines jeden Einsatzes von den Oberflächenstrukturen zu der Rückseite des Einsatzes vermessen und insbesondere in einem Rechner als Datenspeicher und Datenanalysiervorrichtung verarbeitet.

- Das Werkzeug wird mit insbesondere elastischen, mikrostrukturierten oder nanostrukturierten Einsätzen bestückt.
- Das Werkzeug wird geschlossen.
- Insbesondere im in der Spritzgießvorrichtung integrierten Aligner (Ausrichtungsmodul) werden die Einsätze zueinander insbesondere Rückseite zu Rückseite ausgerichtet und im Werkzeug befestigt.
- Das Werkzeug wird in der Spritzgussvorrichtung eingebaut.
- Es wird zumindest ein Spritzgussartikel insbesondere mittels Spritzgussverfahren hergestellt.

- 42 -

- Der Spritzgussartikel wird aus dem Werkzeug herausgenommen und insbesondere in einer 3D-Koordinatenmessmaschine vermessen. Die Daten werden dem Datenspeicher und Datenanalysevorrichtung weitergegeben.
- Der Spritzgussartikel wird in einem optionalen Verfahrensschritt auf Funktion überprüft und/oder getestet.
- Es wird vom Rechner ein Fehler-Vektorfeld erstellt, welche aus den Messwerten sowie aus den Sollwerten abgeleitet wurde. Die Korrekturfaktoren und Korrekturmaßnahmen werden ermittelt.
- Die gezielten Korrekturen werden angewendet.

Die Korrekturen können als zumindest lokaler Materialaufbau oder zumindest lokaler Materialabbau oder eine Modifikation der Oberflächenstrukturierung beinhalten. Insbesondere die Dickenvariationen des Spritzgussartikels oder Welligkeiten können mit gezielter Materialabtragung oder Materialaufbau der Rückseite des Einsatzes geändert werden.

Beim Spritzgießen vorhandener Einpressdruck kann verwendet werden, um die auftretende Verformung des Einsatzes gezielt auszunutzen und die Form des Spritzgussartikels zumindest lokal zu beeinflussen.

Wird Material von der Rückseite des Einsatzes zumindest lokal abgetragen, vergrößert sich das Volumen des Spritzgussartikels. Somit können lokale Vertiefungen des Spritzgussartikels korrigiert werden.

Wird Material zumindest lokal an die Rückseite des Einsatzes aufgebaut, vermindert sich das Volumen des Spritzgussartikels.

Dem Fachmann kann die gezielten Bearbeitungsmethoden zum Schichtaufbau wie Aufdampfen oder PVD oder CVD oder Molekularstrahl-Epitaxie verwenden oder diskrete Unterlegfolien nehmen. Zum Schichtabtrag sind Elektronenstrahlenabtragung oder Laserabtragung oder Abflammen oder Längen oder Schleifen oder Sandstrahlen oder Plasmabehandlung oder Behandlung mit einer Ionenkanone denkbar. Im Sinne der Ausrichtung kann der Fachmann alle bekannte Bearbeitungsverfahren verwenden.

- Der modifizierte Einsatz wird ins Werkzeug eingebaut und eine weitere Iteration der Herstellung eines Spritzgussartikels beginnt, bis ein Abbruchkriterium erreicht wird.

Ein mögliches Abbruchkriterium ist das Erreichen der qualitativen, funktionalen Kriterien des Spritzgussartikels. Ein weiteres Abbruchkriterium kann eine irreparable Verschlechterung des Spritzgussartikels, sodass das Werkzeug und/oder der Einsatz überprüft und ausgetauscht werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung. Die zeigt schematisch in:

Fig. 1 ein Werkzeug für eine erfindungsgemäßen Vorrichtung zum Spritzgießen.

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

Das Werkzeug 1 besteht aus einer ersten Werkzeughälfte 2 und einer zweiten Werkzeughälfte 3, welche durch die Formteilungsebene E voneinander getrennt werden können. Die technologische Auslegung des Werkzeugs 1 bestimmt die Anzahl der notwendigen Werkzeugteile und die Anzahl der Formteilungsebenen. Die notwendigen, vom Fachmann bekannten Führungen, Passkegel, sowie Ausstoßbolzen, Medienzufuhr für Kühlung und/oder Heizung, elektronische Baugruppen für eine Heizung, Entgrater, Schneidwerkzeug für das Abschneiden des Einfüllkanals werden nicht bildlich dargestellt.

Das Werkzeug 1 weist einen ersten Einsatz 5 und einen zweiten Einsatz 5' auf. Erfindungsgemäß weisen die Einsätze 5,5' ein Polymer auf.

In der zweiten Werkzeughälfte 3 ist ein Sichtfenster 4 dargestellt, welches die zweite Werkzeughälfte 3 von einem Spritzgussraum 10 sowie vom Einsatz 5', insbesondere druckfest, trennt. Durchs Sichtfenster 4 sind die Ausrichtungsmarken 5m' des Einsatzes 5' insbesondere mit einem nicht dargestellten Aligner zu beobachten und mittels Positioniermechanismus 6 zu justieren.

Die Druckverteiler 7 ermöglichen, das Sichtfenster 4 und/oder die Rückseite des Einsatzes 5b' mit den Ausrichtungsmarken 5m' beim Spritzgussvorgang zu verdecken, um den Betriebsdruck beim Spritzgießen bis beispielsweise 2500 bar Überdruck halten zu können, ohne dass die nicht dargestellte Spritzgießmasse aus dem Werkzeug 1, insbesondere unkontrolliert, entweichen kann.

Die Einsätze 5,5' werden mit strukturierten Abformoberfläche 5s, 5s' in Richtung des Spritzgussraumes 10 im Werkzeug 1, insbesondere in den Werkzeughälften 2,3 ausrichtbar und justierbar positioniert.

Die Einsätze 5,5' können Ausrichtungsmarken 5m,5m' sowohl auf der strukturierten Abformfläche 5s,5s' als auch auf der Rückseite des Einsatzes 5b,5b' aufweisen, insbesondere als Markencluster ausgebildet, um insbesondere eine Referenzierung beziehungsweise Korrelation der Abformoberfläche 5s,5s' der Einsätze 5,5' mit der Rückseite 5b'5b' der Einsätze 5,5' durchführen zu können. Die Messung erfolgt nicht zwangsmäßig im Werkzeug 1.

In einer nicht dargestellten, insbesondere bevorzugten Ausführungsform, kann eine Bearbeitung der Rückseite 5b,5b' des Einsatzes 5,5' für das Erreichen von Ebenheitsanforderungen erfolgen, wobei die Abformoberfläche 5s,5s' des Einsatzes 5,5' ohne Strukturierung verwendet werden kann. In besonderen Fällen kann die Abformoberfläche 5s,5s' des Einsatzes 5,5' unabhängig von der Bearbeitung oder Bearbeitbarkeit der Rückseite 5b,5b' des Einsatzes 5,5' ohne Strukturierung vorliegen.

Das Werkzeug 1 wird in der Einfüllöffnung 8 mit der nicht dargestellten Spritzgussmasse befüllt, sodass sie in den Spritzgussraum 10 gelangt und die Kavitäten des Spritzgussraums 10 insbesondere vollständig füllt. Um den Spritzgussraum 10 des Werkzeug 1 vollständig, ohne Luftblasen oder Lunker oder Einschlüsse füllen zu können, werden insbesondere Entlüftungskanäle 9 im Werkzeug 1 ausgebildet.

In der ersten Werkzeughälfte 2 wird der Einsatz 5 ohne Sichtfenster symbolisch abgebildet. Im Werkzeug 1 werden entsprechend Kanäle ausgebildet, um insbesondere die Rückseite 5b des Einsatzes 5 mit optischen

- 46 -

Mitteln zu beobachten und die Einsätze 5,5' miteinander ausrichten zu können. Die Druckverteiler 7 stützen in dieser Ausführungsform den Einsatz 5,5', um ihn gegen Bruch wegen Überlastung mit der Spritzgussmasse zu schützen.

Überlastungen des Einsatzes 5,5' können eine thermische Überlastung und mechanische Überlastung beinhalten, welche durch zwangsfreie Klemmung und eine insbesondere vollflächige Unterstützung des Einsatzes 5,5' im Werkzeug 1 vermieden werden kann.

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

- 1 Werkzeug zum Spritzgießen
- 2 Erste Werkzeughälfte
- 3 Zweite Werkzeughälfte
- 4 Sichtfenster
- 5, 5' Einsatz
- 5s,5s' strukturierte Abformoberfläche des Einsatzes
- 5b,5b' Rückseite des Einsatzes
- 5m,5m' Ausrichtungsmarken des Einsatzes
- 6 Positioniermechanismus
- 7 Druckverteiler
- 8 Einfüllöffnung
- 9 Entlüftungskanal
- 10 Spritzgussraum
- E Formteilungsebene

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Vorrichtung zum Spritzgießen, insbesondere zum Mikrospritzgießen, mindestens aufweisend:
 - ein Werkzeug (1) mit einer ersten Werkzeughälfte (2) und einer zweiten Werkzeughälfte (3), wobei die erste Werkzeughälfte (2) und die zweite Werkzeughälfte (3) in einem geschlossenen Zustand des Werkzeugs (1) einen Spritzgussraum (10) definieren und
 - mindestens einen in dem Spritzgussraum (10) angeordneten Einsatz (5),dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Einsatz (5) zumindest teilweise ein Polymer aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, aufweisend mindestens einen weiteren in dem Spritzgussraum (10) angeordneten Einsatz (5'), wobei der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5') im geschlossenen Zustand des Werkzeugs (1) ausrichtbar ist/sind.
3. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5') jeweils eine Abformoberfläche (5s, 5s') mit elastischen Strukturen aufweist/aufweisen.
4. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Abformoberfläche (5s) des mindestens einen Einsatzes (5) und die Abformoberfläche (5s') des mindestens einen weiteren Einsatzes (5') im geschlossenen Zustand des Werkzeugs (1) zueinander ausrichtbar sind.
5. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Strukturen der Abformoberfläche (5s) des mindestens einen Einsatzes (5) und die Strukturen der Abformoberfläche (5s') des mindestens einen weiteren Einsatzes (5') im geschlossenen Zustand des Werkzeugs (1) zueinander ausrichtbar sind.
6. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei in den mindestens einen Einsatz (5), in den mindestens einen weiteren Einsatz (5') und/oder in die jeweiligen Strukturen mindestens eine Heizung integriert ist/sind, so dass der Spritzgussraum (10),

insbesondere eine durch eine Einfüllöffnung (8) in den Spritzgussraum (10) einleitbare Spritzgussmasse, gezielt durch die mindestens eine Heizung erhitzbar ist.

7. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5'), insbesondere auf der jeweiligen Abformoberfläche (5s,5s') und/oder auf einer jeweiligen Rückseite (5b,5b'), eine Vielzahl von Ausrichtungsmarken (5m,5m') aufweist/aufweisen.
8. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste Werkzeughälfte (2) und/oder die zweite Werkzeughälfte (3) Sichtfenster (4) aufweist/aufweisen, so dass der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5') anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken (5m,5m') im geschlossenen Zustand des Werkzeuges (1) ausrichtbar ist und/oder zueinander ausrichtbar ist/sind.
9. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüchen, wobei die erste Werkzeughälfte (2) und/oder die zweite Werkzeughälfte (3) jeweils mindestens einen Positioniermechanismus (6) aufweist/aufweisen, so dass der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5') anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken (5m,5m') im geschlossenen Zustand des Werkzeuges (1) ausrichtbar ist/sind.
10. Vorrichtung nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüchen, wobei anhand der Vielzahl von Ausrichtungsmarken (5m,5m') auf der Rückseite (5b) des mindestens einen Einsatzes (5) und/oder auf der Rückseite (5b') des mindestens einen weiteren Einsatzes (5'), die

Strukturen der Abformoberfläche (5s) des mindestens einen Einsatzes (5) und die Strukturen der Abformoberfläche (5s') des mindestens einen weiteren Einsatzes (5') im geschlossenen Zustand des Werkzeuges (1) zueinander ausrichtbar sind.

11. Verfahren zum Spritzgießen, insbesondere zum Mikrospritzgießen, wobei durch ein Werkzeug mit einer ersten Werkzeughälfte (2) und einer zweiten Werkzeughälfte (3) in einem geschlossenen Zustand des Werkzeuges (1) ein Spritzgussraum (10) definiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein in dem Spritzgussraum (10) angeordneter Einsatz (5) zumindest teilweise ein Polymer aufweist.
12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der mindestens eine Einsatz (5) und mindestens ein weiterer in dem Spritzgussraum (10) angeordneter Einsatz (5'), insbesondere eine Abformoberfläche (5s) des mindestens einen Einsatzes (5) und/oder eine Abformoberfläche (5s') des mindestens einen weiteren Einsatzes (5'), im geschlossenen Zustand des Werkzeuges (1) in dem Spritzgussraum (10) zueinander ausgerichtet werden.
13. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Einsatz (5) und/oder der mindestens eine weitere Einsatz (5') anhand von einer auf dem mindestens einen Einsatz (5) und/oder dem mindestens einen weiteren Einsatz (5') angebrachten Vielzahl von Ausrichtungsmarken (5m, 5m') ausgerichtet wird/werden.
14. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Ausrichten des mindestens einen Einsatzes (5) und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes (5') auf Grundlage einer Vermessung eines Spritzgussartikels, hergestellt nach einem Verfahren

- 52 -

nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, durchgeführt wird.

15. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Ausrichten durch ein Nachbearbeiten des mindestens einen Einsatzes (5) und/oder des mindestens einen weiteren Einsatzes (5') durchgeführt wird.