

Universelle Fixierung von Shim-Formeinsätzen für die Mikro- und Nanoreplikation auf Basis von Polymerfolien

Von Michael Röhrig, Markus Heilig, Marc Schneider, Alexander Kolew, Konradin Kaiser, Markus Guttman und Matthias Worgull, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

1 Einleitung

Die Forderung nach immer kleiner werdenden Mikrosystemen und Strukturen bei gleichzeitiger Kostenreduktion zieht Entwicklungen auf dem Gebiet der Formeinsatzerstellung nach sich. So genannte *Shim-Formeinsätze* (Abb. 1) haben in der jüngeren Vergangenheit vermehrt Einzug in die Replikationstechnik gefunden. Diese Formeinsätze werden vorrangig



Abb. 1: Beispiel eines aus Nickel gefertigten Shim-Formeinsatzes (\varnothing ~90 mm, Dicke ~500 μm)

durch lithografische Strukturierung eines Resists und anschließende Galvanoformung hergestellt [1, 2]. Aus Gründen der Zeit- und Kostenersparnis ist man bestrebt, die Dauer der Galvanoformung gering zu halten. Daher werden Shim-Formeinsätze nur wenige hundert Mikrometer dünn abgeschieden.

Hieraus ergeben sich neue Herausforderungen für die Replikationstechnik. Die im Mikroheißprägeverfahren bisher verwendete Integration des Shim-Formeinsatzes durch eine Klemmvorrichtung (Abb. 2) weist einige Nachteile auf. Geometrische Fehler des Shim-Formeinsatzes können nicht kompensiert und auftretende Kräfte nicht gleichmäßig übertragen werden, wodurch eine ungenügende Formfüllung oder ein Abriss der Strukturen während des Entformens begünstigt werden. Eine längere Nutzung der Halterung kann zur Schädigung des Formeinsatzes führen.

Im Folgenden wird eine Möglichkeit zur Fixierung von Shim-Formeinsätzen vorgestellt, welche die Kompensation geometrischer Formeinsatzfehler bei gleichzeitig flächiger Krafteinleitung ermöglicht und zu einer erhöhten Strukturtreue der Abformergebnisse führt. Der Shim-Formeinsatz wird dabei mit Hilfe einer Folie aus Polyamid 6.6 mit einer stählenen Grundplatte verbunden und auf diese Weise in die Mikroheißpräganlage integriert. Die flächige Verbindung gleicht dabei Unebenheiten und Durchbiegungen des Shim-Formeinsatzes aus und eignet sich für Umformtemperaturen bis 240 °C.

2 Shim-Formeinsätze und deren Integration

2.1 Fertigung der Shim-Formeinsätze

Mikrostrukturierte Shim-Formeinsätze dienen der Formgebung eines Polymers durch Anwendung eines Replikationsverfahrens, wie beispielsweise Heißprägen oder Thermoformen. Die Strukturen des Formeinsatzes bilden dabei die Negativstruktur des gewünschten Bauteiles.

Shim-Formeinsätze grenzen sich von anderen Formeinsatztypen, wie zum Beispiel LIGA-Formeinsätzen, durch die geringe Formeinsatzdicke ab. Am Institut für Mikrostrukturtechnik des Karlsruher Instituts für

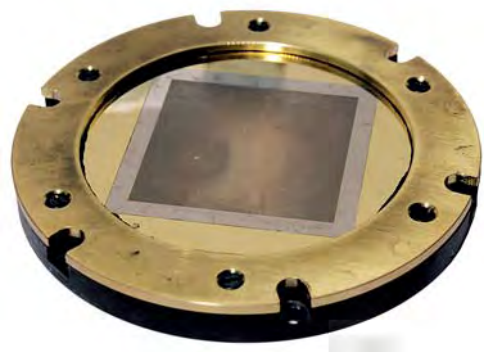


Abb. 2: Bisher genutzte Klemmvorrichtung aus Messing und Stahl zur Integration von Shim-Formeinsätzen in die Heißpräganlage

Technologie hat sich eine Dicke der Shim-Formeinsätze von 500 μm etabliert – ein Kompromiss aus Fertigungsaufwand und notwendiger Stabilität der Shims.

In der Regel wird zur Herstellung eines Shim-Formeinsatzes zunächst die gewünschte Positivstruktur durch ein lithografisches Verfahren in einen Resist übertragen. Gängige lithografische Verfahren sind dabei die UV-Lithografie, die Röntgentiefenlithografie oder die Elektronenstrahlithografie. Der Resist ist üblicherweise ein nicht leitendes Material, wie Polymethylmethacrylat oder SU-8. Um eine galvanische Reproduktion des strukturierten Resists vornehmen zu können, wird dieser zuvor durch die Aufbringung einer dünnen Metallschicht von circa 50 nm leitfähig gemacht. In einem Nickelsulfamatelektrolyten (76 g/l Nickel, 40 g/l Borsäure, Fluortensid; pH 3,4–3,6; Temp. 52 °C) wird die positive Struktur des Resists in die negative Nickelstruktur, den Nickel-Shim-Formeinsatz, galvanisch umkopiert. Nach der Abtrennung des Substrats und der Auflösung des Resists ist die Herstellung des Shim-Formeinsatzes abgeschlossen [1–3].

Bei der Galvanoformung des Shim-Formeinsatzes können Wachstumsspannungen während des isothermen Schichtwachstums sowie thermisch induzierte Spannungen aufgrund unterschiedlicher Wärmeausdehnungskoeffizienten des Mehrschichtverbunds zu einem tellerförmigen Verzug des Formeinsatzes führen [4]. Um die mögliche Größenordnung solcher Durchbiegungen zu bestimmen, wurden mit Hilfe eines Koordinatenmessgeräts (*Werth VC 400HA*) und dessen Lasertriangulationssensors Topographie- und Dickenmessungen an verschiedenen unstrukturierten Shim-Formeinsätzen (Dicke zwischen $\sim 300 \mu\text{m}$ und $\sim 500 \mu\text{m}$) durchgeführt. Diese wurden eigens für die Messungen auf einem mit Gold bedampften vier Zoll großen Siliziumwafer abgeschieden. Nach Auswertung der Messdaten konnten Durchbiegungen von mehr als 200 μm festgestellt werden. Darüber hinaus lieferten die Dickenmessungen der Shim-Formeinsätze Hinweise auf die Volumenverteilung des Nickels. Bei einer Sollhöhe von 500 μm sind die Randbereiche dabei um etwa 140 μm gegenüber dem Flächenmittelpunkt erhöht. Die in den *Abbildungen 3* und *4* dargestellten Diagramme zeigen diese Ergebnisse beispielhaft anhand der Messungen eines in einer Prozesseinheit der *silicet AG* [5] (6"-Prozess-

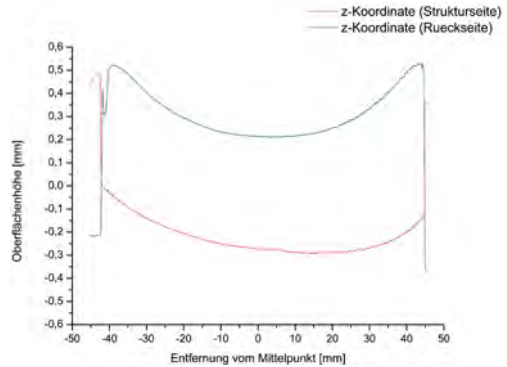


Abb. 3: Durchbiegung eines vom 4"-Siliziumwafer gelösten Shim-Formeinsatzes (Messunsicherheit: $\pm 2 \mu\text{m}$)

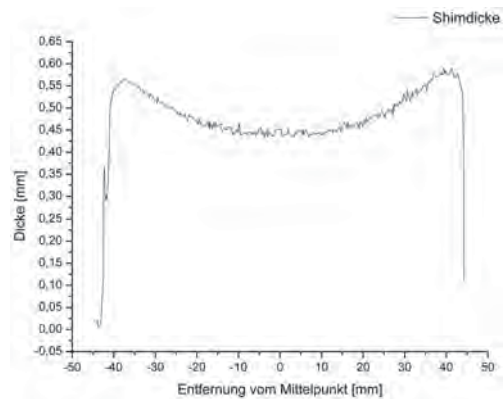


Abb. 4: Dickenverteilung eines Shim-Formeinsatzes nach der galvanischen Abscheidung (Messunsicherheit: $\pm 2 \mu\text{m}$)

box mit einem 4"-Adapter) hergestellten Shim-Formeinsatzes.

2.2 Replikation durch Mikroheißprägen

Ein gängiges Verfahren zur Replikation der Shim-Formeinsätze ist das Mikroheißprägen. Hierbei können mikro- und nanoskalige Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen in Polymere übertragen werden. Dazu werden zunächst Werkzeug und Kunststoff unter Vakuum bis zur Umformtemperatur oberhalb der Glasübergangstemperatur des jeweiligen Polymers aufgeheizt. Der weg- und kraftgesteuerte Prägevorgang bewirkt das viskoelastische Fließen des Polymers in die Kavitäten des Formeinsatzes. Unter Aufrechterhaltung der Prägekraft werden Werkzeug und Polymer gekühlt und das Formteil, nach Erreichen

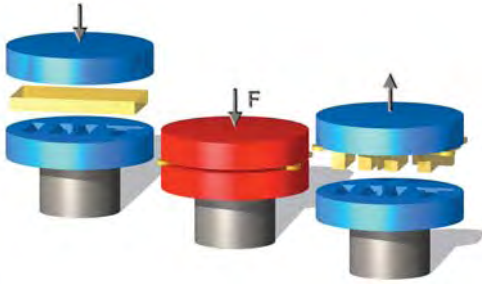


Abb. 5: Schematische Darstellung des Heißprägeprozesses

einer Formteilmperatur unterhalb der Glasübergangstemperatur, entformt (Abb. 5). Die folgenden vier Prozessabschnitte bilden somit den Kern des Mikroheißprägeprozesses [6]:

- Aufheizen des Halbzeugs auf Umformtemperatur;
- isothermer, weg-kraftgesteuerter Umformvorgang durch Prägen;
- Kühlen des Formteils auf Entformtemperatur unter Beibehaltung der Prägekraft;
- Entformen des Bauteils durch die Öffnungsbewegung des Werkzeugs.

Derzeitiger Stand der Technik ist die Integration des Shim-Formeinsatzes in die Mikroheißprägeanlage mit Hilfe einer Klemmvorrichtung (Abb. 6). Hierbei wird der Formeinsatz in die umlaufende Nut der Blende eingelegt, die anschließend über Schrauben mit einer Grundplatte verbunden wird und somit den Shim-Formeinsatz über dessen Randfläche klemmt.

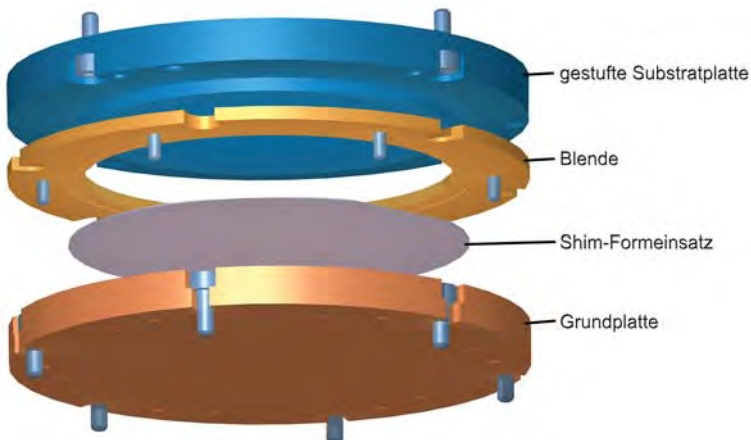


Abb. 6: Explosionszeichnung der Klemmvorrichtung

Dieser Aufbau macht eine gestufte Substratplatte notwendig, deren erhabene Fläche während des Prägeprozesses in die Blende eintaucht. Durch die sandgestrahlte Oberfläche der Substratplatte wird eine hohe Haftung des Polymers an der Substratplatte erzielt und somit die Entformung der Strukturen durch die Öffnung des Werkzeugs ermöglicht. Sowohl die Grundplatte als auch die Substratplatte werden über eine Schraubverbindung mit dem jeweiligen Maschinentisch verbunden. Zur Befestigung eines Shim-Formeinsatzes sind wenige Handgriffe erforderlich, wodurch eine kurzfristige Integration des Shim-Formeinsatzes gewährleistet wird. Sind Grundplatte, Blende und gestufte Substratplatte vorhanden, so kann der Shim-Formeinsatz auf einfachste Weise ausgebaut und durch einen anderen ersetzt werden.

Nachteilig bei der äußerlichen Klemmung eines Shim-Formeinsatzes ist allerdings, dass während der Entformung entstehende Zugkräfte nur im äußeren Bereich des Shim-Formeinsatzes in den Maschinentisch eingeleitet werden können und keine flächige Kraftübertragung stattfindet. Dies hat während der Entformung die Verformung des Shim-Formeinsatzes in Richtung der gestuften Substratplatte zur Folge. Somit ist zu erwarten, dass eine zeitgleiche Entformung der Strukturen nicht über die gesamte Fläche gegeben ist, sondern zunächst die randnäheren Strukturbereiche unter Scherbelastung entformt werden. Die durch die Entformung entstehende Verformung des Shim-Formeinsatzes führt darüber hinaus zu einem Spalt zwischen Shim-Formeinsatz und Grund-

platte, wodurch eine thermische Entkopplung des Shim-Formeinsatzes zum übrigen Werkzeug eintritt. Der konduktive Wärmetransport zwischen Formeinsatz und Grundplatte kann in diesem Fall ausschließlich über die geklemmten Randbereiche erfolgen.

Die in den *Abbildungen 3* und *4* dargestellte Vermessung der Shim-Formeinsätze zeigt die Durchbiegungen und Randüberhöhungen der Formeinsätze auf. Darüber hinaus sind an der Rückseite von Shim-Formeinsätzen häufig Aufwerfungen zu beobachten, welche beim Mikroheißprägen zu Unebenheiten auf der Strukturseite führen können. Die notwendige Kompensation dieser Fehler kann durch die Klemmvorrichtung nicht geleistet werden. Neben der Abbildung der Aufwerfungen in die Polymerbauteile hat dies erhöhte Entformkräfte zur Folge, die im äußersten Fall zu Strukturabrissen führen.

3 Anforderungen an eine universelle Fixierung von Shim-Formeinsätzen

An eine universelle Fixierung von Shim-Formeinsätzen werden aufgrund der Komplexität des Mikroheißprägens vielfältige Anforderungen gestellt. Die Universalität einer Fixierung ist gegeben, sofern Shim-Formeinsätze verschiedener geometrischer Abmessungen, wie Durchmesser oder Dicke, gleichermaßen gut fixiert werden können. Um eine hohe Strukturtreue abgeformter Bauteile zu gewährleisten, darf die strukturseitige Shim-Oberfläche während der Schaffung der Fixierung nicht durch Verschmutzung oder ähnliches negativ beeinträchtigt werden.

Der Heißprägeprozess erfordert darüber hinaus zur Vermeidung von Hinterschnitten und Keilfehlern die Planparallelität der strukturierten Fläche des Shim-Formeinsatzes in Bezug auf den Maschinentisch. Dies macht die Kompensation von Durchbiegungen, Randüberhöhungen und Aufwerfungen der Shim-Formeinsätze notwendig. Um einen Verzug des Shim-Formeinsatzes während des Entformvorgangs zu vermeiden, ist eine gleichmäßige Einleitung der auftretenden Zug- und Druckkräfte in den Maschinentisch erforderlich.

Mittels Mikroheißprägen ist es möglich, Strukturen in eine Vielzahl an Thermoplasten zu replizieren. Neben amorphen Thermoplasten, wie PMMA oder PS, sind teilkristalline Polymere, wie beispielsweise PEEK, prozessierbar. Die Fixierung von Shim-Formeinsätzen sollte daher bis zu einem Temperatur-

bereich von 350 °C einsetzbar sein. Um die Zykluszeiten nicht unnötig zu verlängern, sollte außerdem ein guter Wärmeübergang zwischen Shim-Formeinsatz und dem übrigen Werkzeug ermöglicht werden.

4 Kleben des Formeinsatzes

Das flächige Aufkleben von Shim-Formeinsätzen stellt eine stoffschlüssige Verbindung dar, die es erlaubt, Kräfte gleichmäßig in den Maschinentisch einzuleiten. Durch das eingebrachte Klebevolumen ist es außerdem möglich, Aufwerfungen und Randüberhöhungen zu kompensieren. Liegt während des Aushärtens der Klebeschicht eine äußere Kraft an, die dem ursprünglichen Verzug des Shim-Formeinsatzes entgegenwirkt, kann darüber hinaus die Strukturseite des Shim-Formeinsatzes gegenüber dem Maschinentisch planparallel ausgerichtet werden.

Die Materialeigenschaften der Klebeschicht sind beim flächigen Aufkleben von Shim-Formeinsätzen entscheidend für die Funktionserfüllung der Fixierung. Beim Mikroheißprägen werden die Mikrostrukturen des Formeinsatzes in ein thermoplastisches Halbzeug abgeformt. Die Halbzeuge werden dabei im Allgemeinen bis in ihren Fließ- oder Schmelzbereich beziehungsweise bis in den Kristallitschmelzbereich aufgeheizt. Die Klebestelle muss auch bei diesen Temperaturen eine ausreichende Druckfestigkeit aufweisen. Bei amorphen Thermoplasten ist bereits im Glasübergangsbereich, spätestens jedoch im Fließ- und Schmelzbereich mit einem Versagen unter hoher Druckbeanspruchung zu rechnen. Bei teilkristallinen Thermoplasten kann eine ausreichende Festigkeit bis in den Kristallitschmelzbereich gegeben sein. Um der Replikation eine möglichst große Vielzahl an Polymeren zur Abformung zugänglich zu machen, ist es daher sinnvoll, eine Klebeverbindung mit einem Thermoplasten zu realisieren, dessen kritischer Temperaturbereich möglichst hoch liegt.

Der Kristallitschmelzbereich von Polyamid 6.6 erstreckt sich von 265 °C bis hin zu 270 °C. Laut Herstellerangaben [7, 8] zeichnen sich Polyamide durch einen hohen Verschleißwiderstand, gute Resistenz gegen Lösemittel, Kraftstoffe und Schmiermittel, besondere Wärmebeständigkeit sowie gutes Dämpfungsvermögen aus. Darüber hinaus wird die günstige Kombination von Härte und Festigkeit einerseits sowie Zähigkeit und Reißfestigkeit andererseits von keinem anderen Thermoplast erreicht. Vergleicht

man Polyamid 6.6 mit anderen Polyamiden, so sind eine höhere mechanische Festigkeit, Steifigkeit, Verschleißfestigkeit und Temperaturbeständigkeit festzustellen.

Unter den unverstärkten Polyamiden weist Polyamid 6.6 außerdem die höchste Zugfestigkeit und den höchsten Schmelzpunkt auf. Aufgrund dieser Eigenschaften liegt das Anwendungsgebiet dieses Polymers in thermisch und mechanisch hochbeanspruchten Bauteilen. Deshalb werden Polyamide häufig für die Herstellung von Maschinenelementen eingesetzt, die hohen Druckbelastungen standhalten müssen.

Am Institut für Mikrostrukturtechnik wurde zunächst Polyamid 6.6-Granulat zu einer 500 µm dicken Folie geprägt (Abb. 7). Diese Dicke war deutlich größer als die zu erwartenden Dickenunterschiede eines Shim-Formeinsatzes, sodass ein Ausgleich der Dicken-schwankungen und Aufwerfungen durch das Volumen der Klebeschicht ermöglicht wurde.

Der Shim-Formeinsatz konnte daraufhin mit Hilfe der Polyamidfolie mit einer stählernen Grundplatte verbunden werden. Zur Vergrößerung der Oberfläche und Entfernung vorhandener Oxidschichten wurde die Grundplatte sandgestrahlt. Anschließend wurden

sowohl Grundplatte, Polyamidfolie als auch die Rückseite des Shim-Formeinsatzes mit Isopropanol entfettet und gereinigt. Die Polyamidfolie wurde entsprechend der Kontur des Shim-Formeinsatzes zugeschnitten und zwischen den Fügepartnern platziert. Zum Schutz der Mikrostrukturen während des Fügens wurden diese durch eine PTFE-Folie bedeckt. Das Aufkleben erfolgte unter Vakuum bei einer Temperatur von 275 °C und einer Kraft von 35 kN. Diese Kraft wurde auch während der Kühlung auf 120 °C aufrechterhalten, worauf der Kraftabbau und nach weiterer Kühlung das Öffnen der Heißpräganlage erfolgte.

5 Erprobung der Fixierung

Im Rahmen der Erprobung wurde die Fixierung der Shim-Formeinsätze auf ihre Zug- und Druckstabilität bei verschiedenen Temperaturen überprüft. Darüber hinaus wurde die Topographie der aufgeklebten Shim-Formeinsätze vermessen und somit die Planparallelität gegenüber der Grundplatte untersucht.

Die Fixierung der Shim-Formeinsätze ist während der Entformung der Bauteile erheblichen Zugspannungen ausgesetzt. Um die auftretenden Zugspan-



Abb. 7: Erzeugung einer Folie aus Polyamid 6.6-Granulat

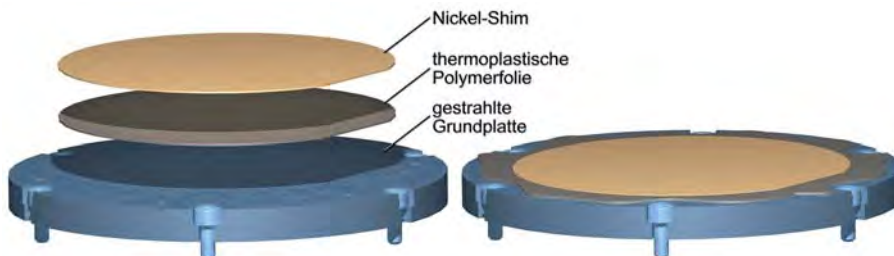


Abb. 8: Schematische Darstellung des Klebens mittels thermoplastischer Polymerfolie

nungen nachzustellen, wurden die auf den Grundplatten fixierten unstrukturierten Shim-Formeinsätze in die Heißpräganlage eingebaut und ein Vakuumschuck als Gegenwerkzeug eingesetzt. Anschließend wurde die Maschinentraverse bis zu einer Antastkraft von 3 kN verfahren. Dies stellte sicher, dass der Dichtungsring des Vakuumschucks plan auf der Shim-Oberfläche auflag. Daraufhin wurde das durch den Vakuumschuck umschlossene Volumen evakuiert. Um Aufschluss über die Temperaturfestigkeit der Shim-Fixierung zu erlangen, wurden die beiden Werkzeughälften auf eine Temperatur von 160 °C, der Maximaltemperatur der genutzten Anlage, aufgeheizt. War diese Temperatur erreicht, öffnete die Traverse mit einer Geschwindigkeit von 3 mm/min. Hierdurch wurde zunächst die Antastkraft ab- und anschließend eine Zugkraft aufgebaut. Auf diese Weise konnten auf einer Fläche von 80 mm Zugkräfte bis zu 400 N erzeugt werden. Hierbei traten weder eine Ablösung der Shim-Formeinsätze noch eine sichtbare Schädigung der Fügestellen beziehungsweise der Shim-Formeinsätze auf.

Der Druckfestigkeit der Klebung kommt ebenfalls eine große Bedeutung zu. Ist diese nicht ausreichend, kann unter Einwirkung der Prägekraft eine Deformation des Shim-Formeinsatzes eintreten. Eine Beschädigung der Strukturen wäre die Folge.

Um die Druckfestigkeit der Verbindung qualitativ bewerten zu können, wurden die aufgebrachten Shim-Formeinsätze einer Versuchsreihe unterzogen. Hierbei wurde die Grundplatte auf dem Maschinentisch einer Heißpräganlage montiert und die Oberseite des Formeinsatzes mit einem Polymerhalbzeug und einer Kaptonfolie bedeckt. Als Gegenwerkzeug diente eine geschliffene Stahlplatte. Die Versuchs-

reihe wurde durch Heißprägen mit den in *Tabelle 1* zusammengestellten Parametern durchgeführt. Nach jedem Versuch wurde die Shim-Oberfläche optisch auf Deformationen untersucht.

Die in *Tabelle 1* aufgelisteten Versuche wurden bis einschließlich Versuch 6 ohne erkennbare Schädigung des Nickel-Formeinsatzes durchgeführt (*Abb. 9*). Erst die anschließende Durchführung des Versuchs 7 und der damit verbundenen Erwärmung der Fügestelle in den Kristallitschmelzbereich von Polyamid 6.6 führte zu einer erwarteten Erweichung der Polyamidschicht und der daraus resultierenden Schädigung des Shim-Formeinsatzes (*Abb. 10*).

Zur Überprüfung der Planparallelität des Shim-Formeinsatzes gegenüber der Grundplatte wurden die fixierten Formeinsätze mit Hilfe des Lasertriangulationssensors des Koordinatenmessgeräts *Werth VC 400HA* vermessen und das Ergebnis mit zuvor aufgenommenen Werten verglichen. *Abbildung 11* zeigt, dass die Durchbiegung und die Unebenheiten des Shim-Formeinsatzes sehr gut durch die Poly-

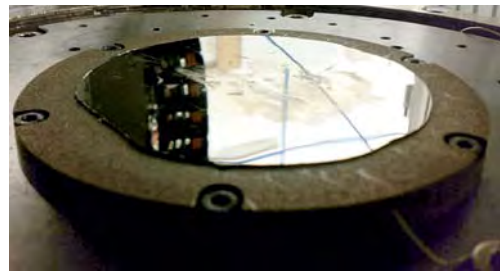


Abb. 9: Polyamid 6.6-fixierter Shim-Formeinsatz nach einer Prägekraft von 150 kN und Temperatur von 240 °C

Tab. 1: Parameter der Versuchsreihen zur Erprobung der Druckfestigkeit

Versuch	Umformtemperatur	Prägekraft	Polymerfolie
1	160 °C	60 kN	PMMA
2	160 °C	150 kN	PMMA
3	160 °C	250 kN	PMMA
4	160 °C	500 kN	PMMA
5	160 °C	800 kN	PMMA
6	240 °C	150 kN	PTFE
7	265 °C	150 kN	PTFE

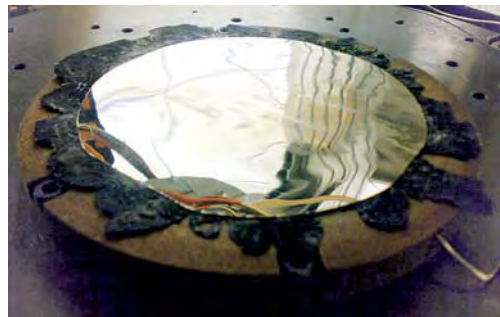


Abb. 10: Polyamid 6.6-fixierter Shim-Formeinsatz nach einer Prägekraft von 150 kN und Temperatur von 265 °C

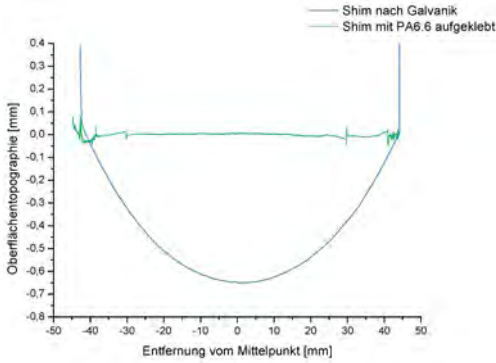


Abb. 11: Durchbiegung der Strukturseite vor und nach dem Kleben mit Polyamid 6.6

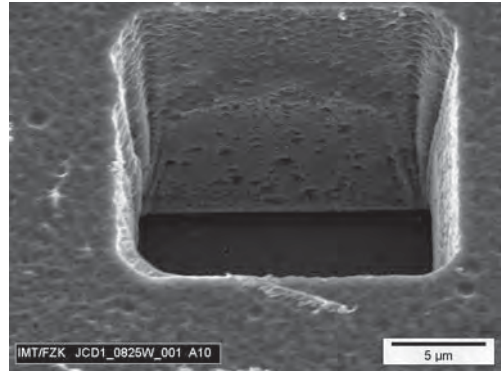


Abb. 13: Raue Seitenwände in den einzelnen Strukturelementen

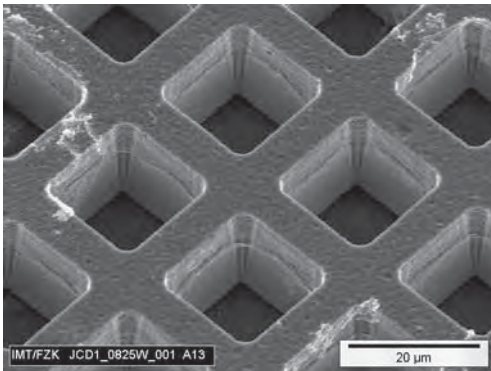


Abb. 12: REM-Aufnahme einzelner Strukturelemente des Shim-Formeinsatzes

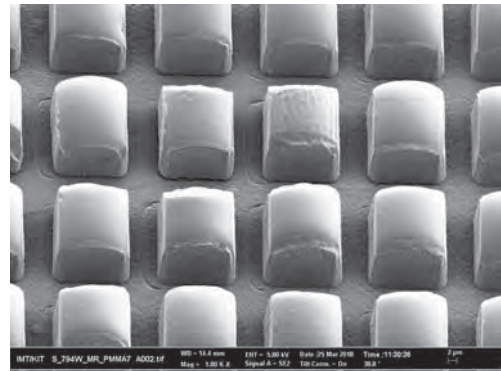


Abb. 14: REM-Aufnahme der abgeformten Strukturen

amidschicht kompensiert werden und diese Art der Fixierung somit zu einer erheblichen Verbesserung der Planparallelität des Shim-Formeinsatzes führt.

Um die Fixierung durch Kleben der Shim-Formeinsätze mit Hilfe einer thermoplastischen Polymerfolie aus Polyamid 6.6 unter realen Bedingungen zu verifizieren, wurde ein großflächig strukturierter Shim-Formeinsatz (Abb. 12) abgeformt.

Hierbei handelt es sich um eine Gitterstruktur quadratischer Säulen mit einer Kantenlänge von 17 µm und einer Gitterkonstanten von 25 µm bei einem Aspektverhältnis von 1,5. Die Strukturierung besteht aus vier Millionen Wiederholungseinheiten auf einer Fläche von 2500 mm². Die Entformung der Strukturen war durch raue Seitenwände zusätzlich erschwert (Abb. 13), was im Zusammenspiel mit der Groß-

Tab. 2: Verwendete Heißprägeparameter zur Replikation des mikrostrukturierten Shim-Formeinsatzes

Umform- / Entformtemperatur	Prägekraft
165 °C / 95°C	35 kN
Präge- / Entformgeschwindigkeit	Halbzeug
0,5 mm/min / 0,2 mm/min	Hesa-Glas, 500 µm

flächigkeit der Strukturierung zu sehr hohen Entformkräften führte.

Der durch die Polyamidfolie fixierte Shim-Formeinsatz wurde mit den in Tabelle 2 wiedergegebenen Parametern zehnmals abgeformt. Die Fixierung hielt dabei Zugkräften von über 1000 N stand. Eine Schädigung des Formeinsatzes oder der Fixierung war

nach den durchgeführten Abformungen nicht zu erkennen. Wie *Abbildung 14* zeigt, führte die Replikation des mikrostrukturierten Shim-Formeinsatzes (*Abb. 12* und *13*) zu erheblich verbesserten Abformungsergebnissen.

6 Zusammenfassung

Es wurde eine neue Methode zur Fixierung von Shim-Formeinsätzen vorgestellt, welche die Replikation von großflächigen Mikrostrukturen erleichtert und zu einer erheblichen Verbesserung der Strukturqualität beiträgt. Die Fixierung der Shim-Formeinsätze durch eine Polyamidfolie ist bis zu Umformtemperaturen von 240 °C einsetzbar. Die stoffschlüssige Verbindung verhindert dabei eine Schädigung der Shim-Formeinsätze durch die beim Replikationsprozess wirkenden Zug- und Druckbelastungen.

Das Aufkleben der Shim-Formeinsätze wird automatisiert und reproduzierbar durch die Heißpräganlage durchgeführt, wodurch sich die Strukturseite planparallel zum Maschinentisch und der Substratplatte ausrichtet. Durch die Klebeschicht werden darüber hinaus Aufwerfungen und Dickenschwankungen der Formeinsätze ausgeglichen.

7 Ausblick

Da nicht länger in eine Blende eingetaucht werden muss, ermöglicht diese Methode beidseitiges Prägen von Shim-Formeinsätzen. Um Arbeitstemperaturen oberhalb von 240 °C nutzen zu können, wird am Institut für Mikrostrukturtechnik zurzeit untersucht, inwieweit sich alternative Verfahren, wie beispielsweise Hartlöten, zur Fixierung von Shim-Formeinsätzen eignen.

Literatur

- [1] C. Vannahme, S. Klinkhammer, A. Kolew, P.-J. Jakobs, M. Guttman, S. Deh, U. Lemmer, T. Mappes: Integration of organic semiconductor lasers and single-mode passive waveguides into a PMMA substrate; *Microelectronic Engineering* 87 (2010), 693–695
- [2] L. Zimmermann, M. Guttman, A. Guber, V. Saile: A novel fabrication method to integrate superhydrophobic nanostructures into microfluidic systems; *Proceedings ISABEL*, 24.–27.11.2009, Bratislava (2009)
- [3] M. T. Gale: Replication techniques for diffractive optical elements; *Microelectronic Engineering* 34, 321–339 (1997)
- [4] K. Bade: Einsatz der Durchbiegungsmessung in der Prozesskontrolle für den Prozessschritt Nickelgalvanik; *Interner Bericht*, Forschungszentrum Karlsruhe, Institut für Mikrostrukturtechnik (2001)
- [5] M. Guttman, K. Kaiser, S. Muth, H. Moritz, R. Schmidt, M. Zwanzig, L. Hofmann, I. Schubert: Neues modulares Anlagenkonzept für nasschemische Ätzprozesse und die Wafergalvanoformung; *Galvanotechnik* 100 (2009), S. 2616–2624
- [6] M. Worgull: *Hot Embossing Theory and Technology of Microreplication*; Elsevier Science, Maryland Heights, ISBN-10:0815515790 (2009)
- [7] Amsler & Frey AG; *Polyamid 6.6*; Amsler & Frey AG, Schinznach-Dorf (2009)
- [8] LOPS GmbH: *Polyamid*; LOPS GmbH, Wendelstein (2009)

Zur Info

IVAM Research stellt neue Deutschland-Studie zur Mikro- und Nanotechnologie vor

Mit dem *Micro/Nano Atlas of Germany* liegt nun ein umfassender Katalog zu allen wichtigen Akteuren, Markttrends und Einsatzfeldern der Mikrosystemtechnik in Deutschland vor.

Mikrosystemtechnik und Nanotechnologien werden weltweit in zahlreichen Branchen, wie der Medizintechnik, dem Maschinenbau, den Produktionstechnologien, der Automobilindustrie und der Konsumelektronik, eingesetzt. Trotz der Wirtschaftskrise verzeichnen Produkte mit Mikro- und Nanotechnik

zweistellige Wachstumsraten, etwa im Bereich der Mikrosensorik für grüne Technologien und Konsumelektronik. Deutsche Unternehmen der Mikro- und Nanotechnologie sind global erfolgreiche Akteure. Die Aktivitäten in Deutschland auf diesen Gebieten hat *IVAM Research* jetzt in einer umfassenden Studie zusammengefasst. Der *Micro/Nano Atlas of Germany* wurde Ende April 2010 auf dem Gipfeltreffen der Mikrosystemtechnik-Community, dem *Micromachine Summit 2010* in Dortmund den internationalen Fachkreisen vorgestellt.

Der *Micro/Nano Atlas of Germany* gibt einen Überblick über die Mikro- und Nanotechnikindustrie in

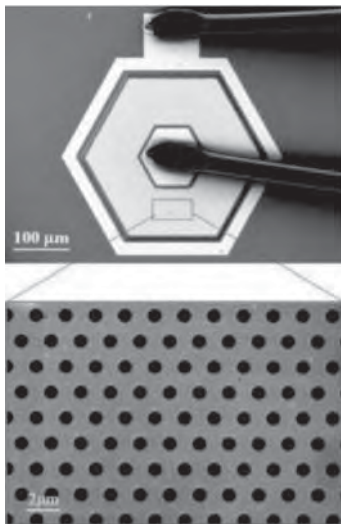
Deutschland, über Forschungsaktivitäten und Schwerpunkte in sechs Bundesländern und 38 regionalen Clustern. Darüber hinaus informiert die Studie über die Förderpolitik des Bundes, Markttrends und Einsatzfelder sowie die aktuelle wirtschaftliche Lage der deutschen Mikro- und Nanotechnikindustrie. Er ist bei *IVAM Research* erhältlich. Als Ergänzung zur Studie wird eine Datenbank mit Unternehmen und Forschungseinrichtungen der Mikro- und Nanotechnologie angeboten.

-ba-

Weitere Informationen unter <http://www.ivam-research.de>

Gold-Mikrolinse verbessert Nachtsichtgeräte

Forscher am *Rensselaer Polytechnic Institute (RPI)* haben eine nanotechnologische *Mikrolinse* entwickelt, die mit Hilfe von Gold Infrarotdetektoren effizienter macht. Genau genommen handelt es sich um eine Art nanostrukturierte Lochplatte, welche die Empfindlichkeit verdoppelt. Langfristig wird sogar eine Steigerung um einen Faktor 20 angestrebt. Das ist nach Aussage von *Shawn-Yu Lin*, Physikprofessor am *RPI*,



Nanostrukturierte Gold-Lochplatte: Der Weg zu effizienteren IR-Detektoren

ein angemessenes Ziel und könnte ein breites Anwendungsspektrum eröffnen, von besseren Nachtsichtgeräten für Soldaten bis hin zu genauerer medizinischer Bildgebung. Auch eine neue Generation leistungsfähiger Satellitenkameras wäre möglich.

Infrarotdetektion ist derzeit von großer Bedeutung. Denn eine effizientere Infrarot-Imaging-Technologie für Satelliten hat Potenzial in Anwendungen vom Heimatschutz bis hin zur Überwachung des Klimawandels und der Entwaldung. Entsprechend wichtig könnte die Entwicklung des Teams um *Shawn-Yu Lin* sein, mit der ein Quantenpunkt-Infrarotdetektor (*QDIP*, Quantum-Dot Infrared Photodetector) empfindlicher wird. Erstmals seit über einem Jahrzehnt ist es *Lin* zufolge gelungen, das gemessene Signal bei einem Infrarotdetektor zu steigern, ohne gleichzeitig mehr Rauschen zu verursachen. Somit steigt automatisch auch das Verhältnis von Signal zu Rauschen, das in die so genannte *Detektivität* einfließt – jene Kenngröße, die letztendlich angibt, wie empfindlich ein *QDIP* wirklich ist.

Der *RPI*-Ansatz macht sich die einzigartigen Eigenschaften von nanostrukturiertem Gold zunutze. Der Detektor ist im Prinzip einfach eine flache Platte mit unzähligen, etwa 1,6 Mikrometer großen Löchern. In den Löchern befinden sich die Quantenpunkte. Das sind nanoskalige Kristalle mit speziellen Eigenschaften, die der Lichtdetektion dienen. Die Oberfläche der Platte wiederum ist mit einer nur 50 Nanometer dicken Schicht aus Gold überzogen.

Die Goldschicht hat einen ähnlichen Effekt, wie ihn winzige Linsen über den Löchern hätten. Einfallendes Licht wird gebündelt und fällt in konzentrierter Form auf die Quantenpunkte. Die Interaktion von Licht und Quantenpunkten wird verstärkt und die Effizienz der Umwandlung von Photonen in weiterverarbeitbare Elektronen gesteigert. Wie die Forscher in einem Beitrag für das *Journal Nano Letters* berichten, kommt es weder zu einem Ansteigen des Rauschens noch zu einer verschlechterten Reaktionszeit des *QDIP*-Systems.

-sad-

Quelle: presstext.austria / Th. Pichler