

# Mikrooptischer Abstandssensor

Am Institut für Mikrostrukturtechnik des Forschungszentrums Karlsruhe wurde in Kooperation mit einem Industriepartner für den Einsatz in der Robotik, Handhabungstechnik oder der Automatisierungstechnik ein mikrooptischer Abstandssensor nach dem Prinzip der Triangulation von der Idee bis zur Musterfertigung entwickelt.

Das gesamte Mikrosystem besteht aus zwei Komponenten (Abb. 1):

1. Die mikrooptische Bank ( $6 \times 10 \text{ mm}^2$ ) beinhaltet drei zylindrische Linsen und verschiedene fokussierende und ebene Spiegelflächen, welche den aus- und einfallenden Strahl fokussieren und führen. Die Reflexion erfolgt durch eine Goldbeschichtung. So wird einerseits im Beleuchtungsstrahl ein Spot minimaler Größe (ca.  $50 \text{ }\mu\text{m}$ ) auf dem zu messenden Objekt erzielt, andererseits wird das vom Objekt diffus gestreute Licht auf dem Photodetektor (PSD) abgebildet. Der einfallende Lichtstrahl wird durch einen Spiegel mit einer  $45^\circ$ -Kante senkrecht aus der mikrooptischen Bank ausgekoppelt und trifft auf den PSD der elektrooptischen Platine. Dabei hängt die Position auf der PSD vom Abstand des zu messenden Objekts ab. Zwei auf der mikrooptischen Bank ringartig strukturierte Greifklammern dienen der passiven Justage von Zentrierkugeln beim Systemaufbau von mikrooptischer Bank mit der nachfolgend beschriebenen zweiten Komponente.

2. Die elektro-optische Platine ( $15 \times 10 \text{ mm}^2$ ) trägt einen strukturiert geätzten Si-Chip ( $5 \times 10 \text{ mm}^2$ ) für den Chipaufbau der Laserdiode. Hinter dem Si-Chip befinden sich in ebener Anordnung eine Photodiode sowie der Photodetektor (PSD) und die Elektronikzuleitungen. Zur Realisierung einer passiven Justage beim Systemaufbau sind weiterhin im Si-Chip zwei rechteckige Vertiefungen strukturiert. Für den Aufbau zum elektro-optischen Mikrosystem werden zwei Glaskugeln in den rechteckigen Vertiefungen platziert. Dabei berühren die Glaskugeln niemals den Boden, sondern werden ausschließlich durch die Seitenwände der Vertiefungen gehalten, wodurch sie sich selbstständig zentrieren. Anschließend wird die mikrooptische Bank kopfüber auf die elektro-optische Platine positioniert (Abb. 2), so dass die Glaskugeln in die ringartig strukturierten Greifklammern der optischen Bank gelangen. Durch leichten Druck justiert sich das gesamte elektro-optische Mikrosystem, dessen Bauteile insgesamt etwa einen halben Quadratzentimeter in Anspruch nehmen, dann von selbst.

Abb. 1: Mikromodule des Abstandssensors: elektro-optische Platine (links), mikrooptische Bank (rechts).  
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

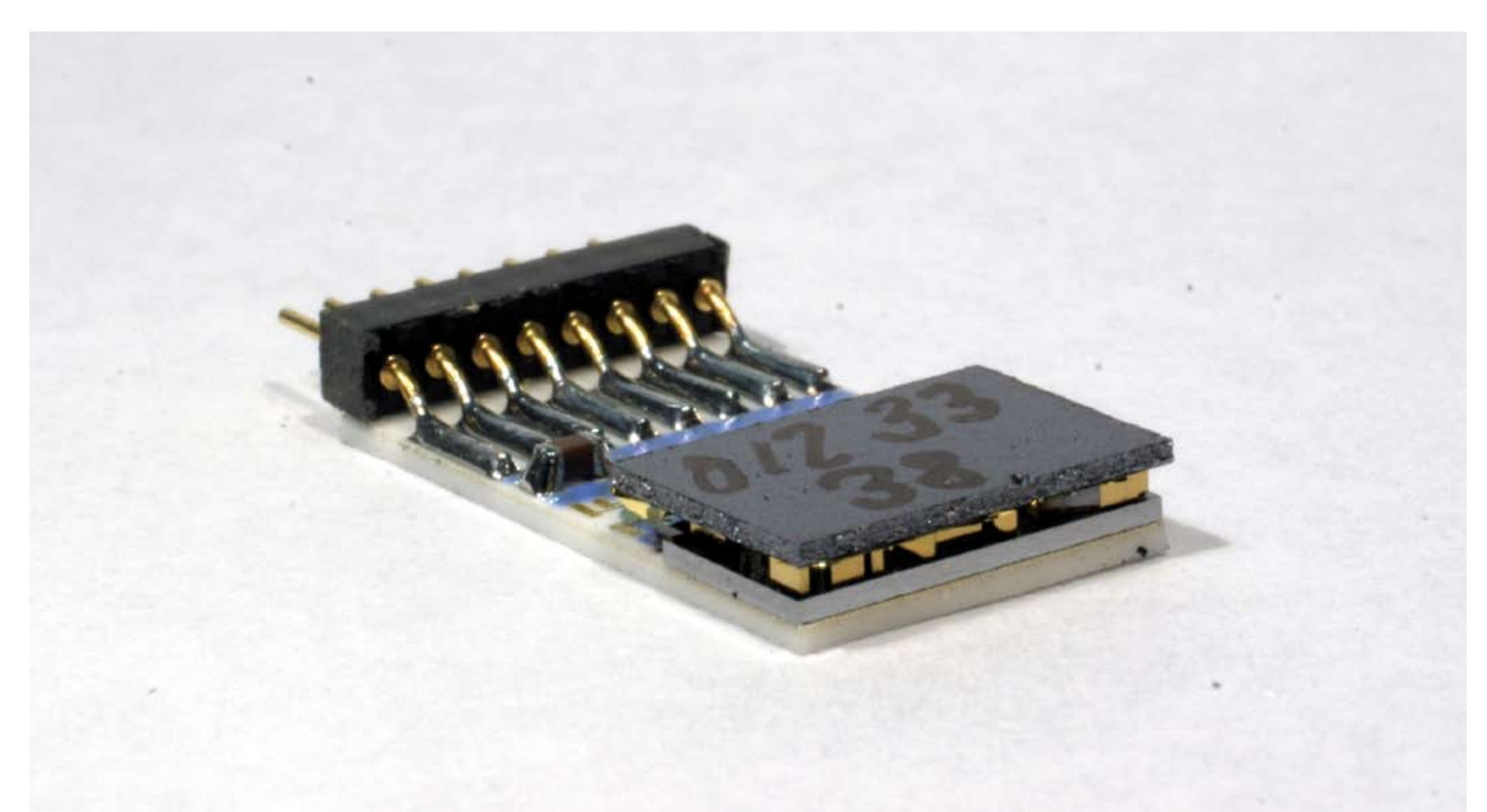
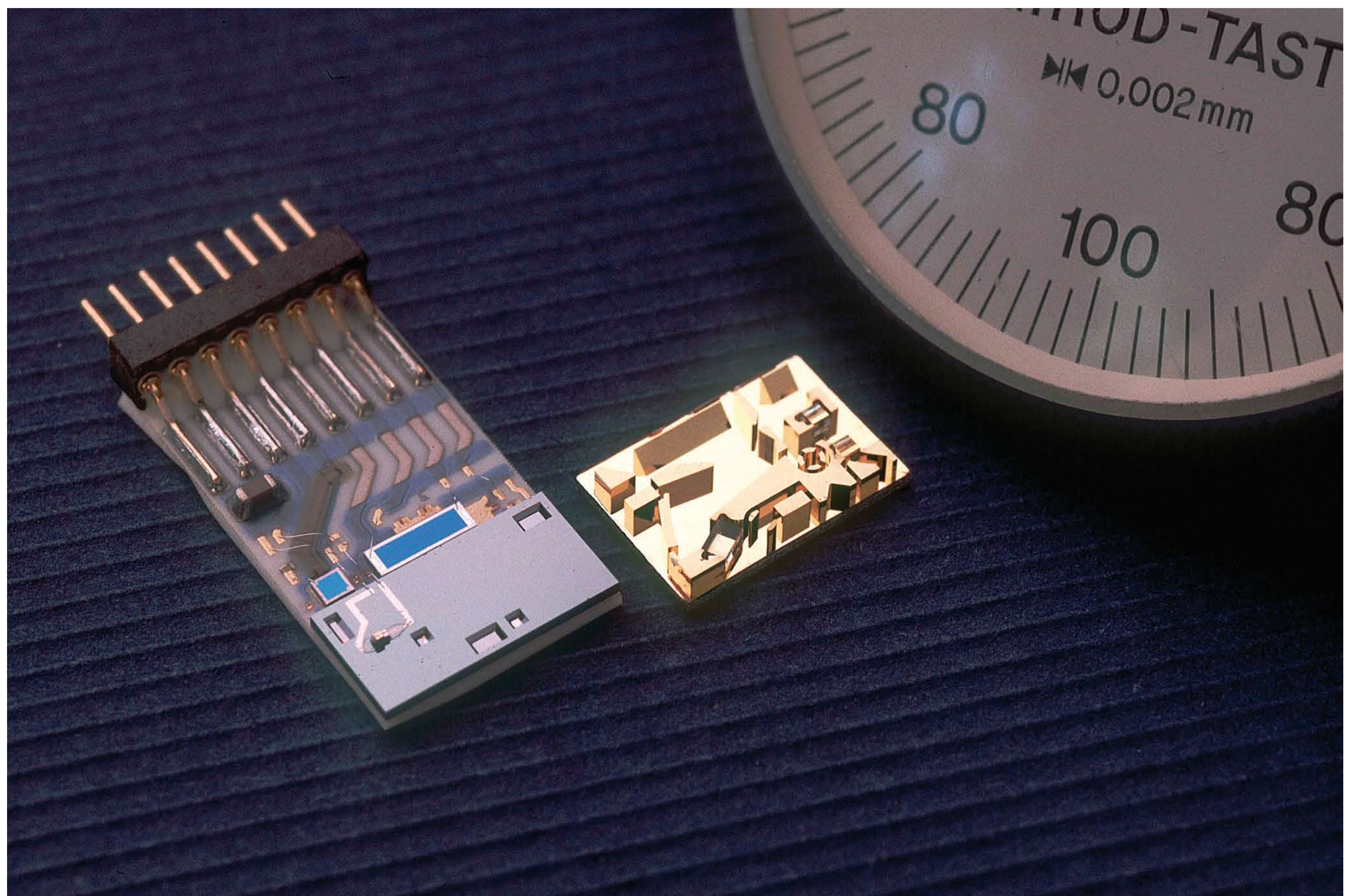


Abb. 2: Der mikrooptische Abstandssensor in Gesamtausführung.  
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

# Herstellverfahren für Mikrobeauteile

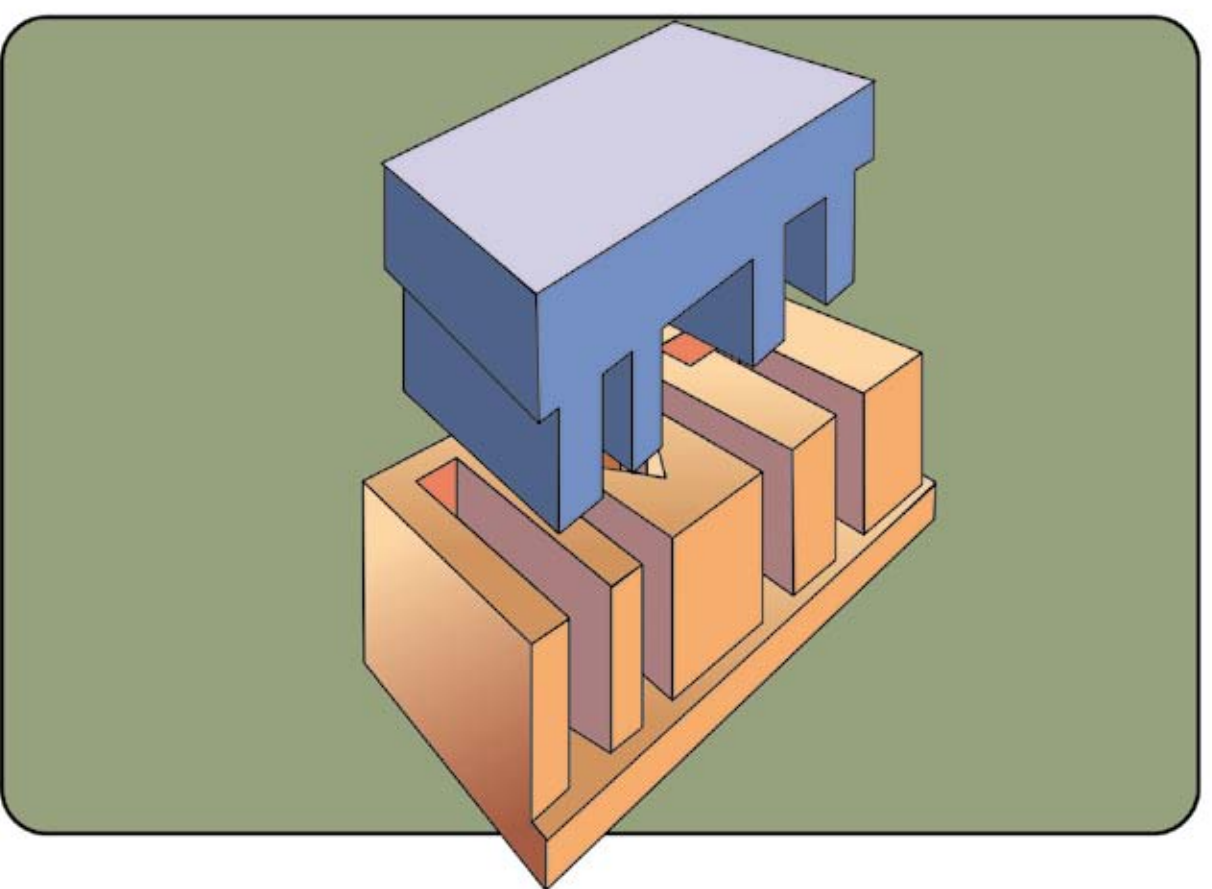
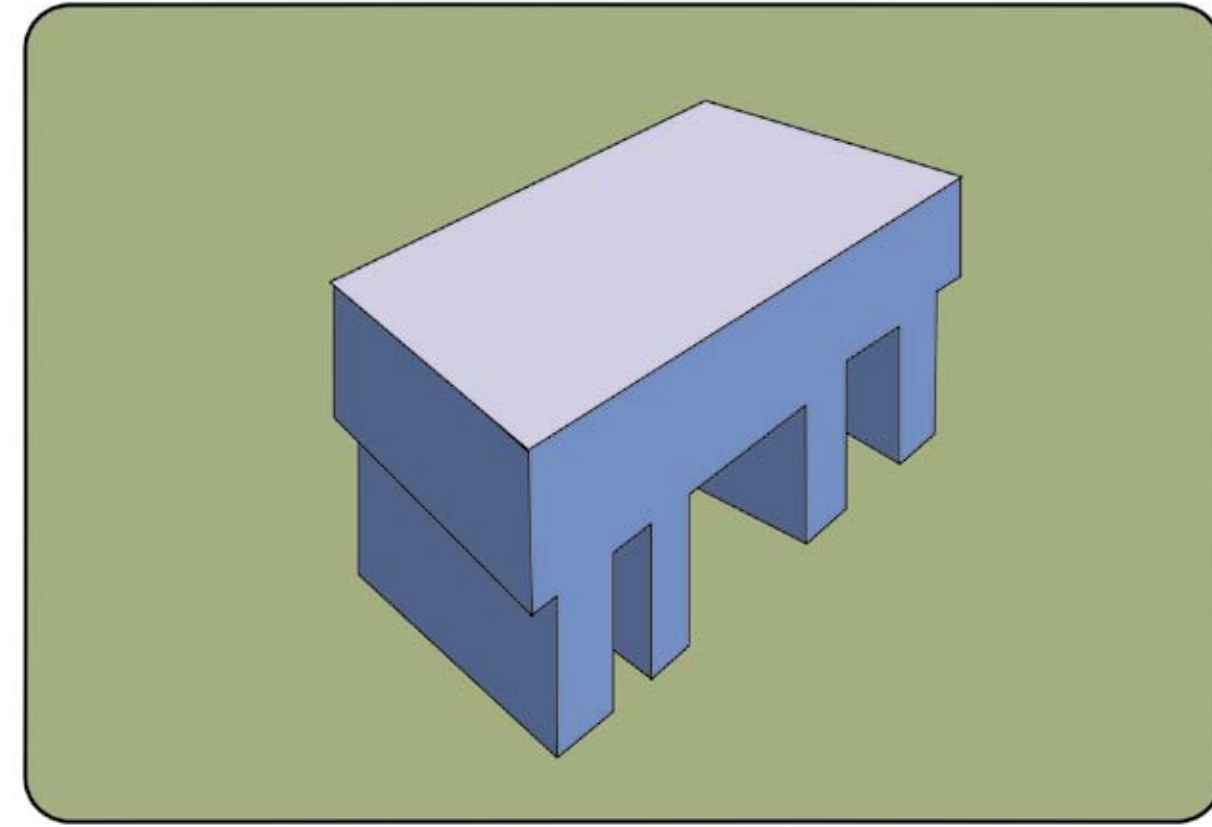
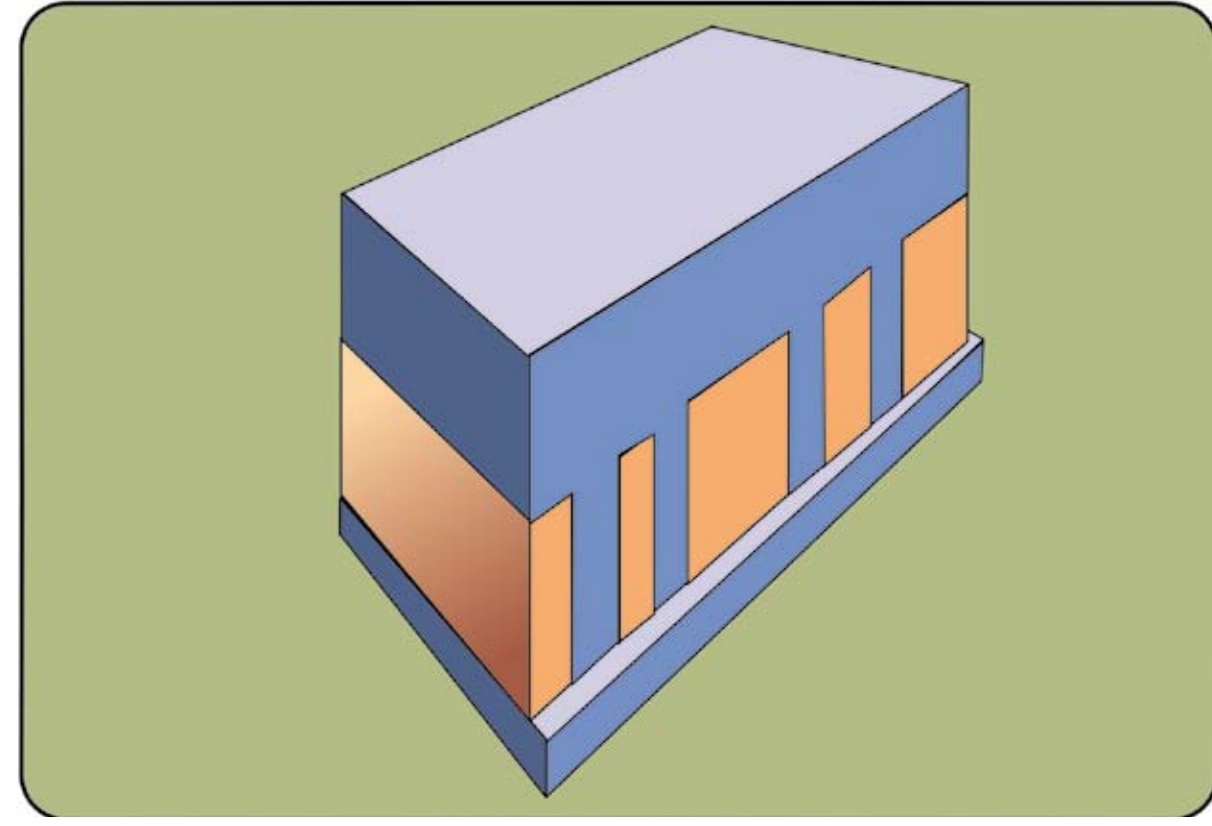
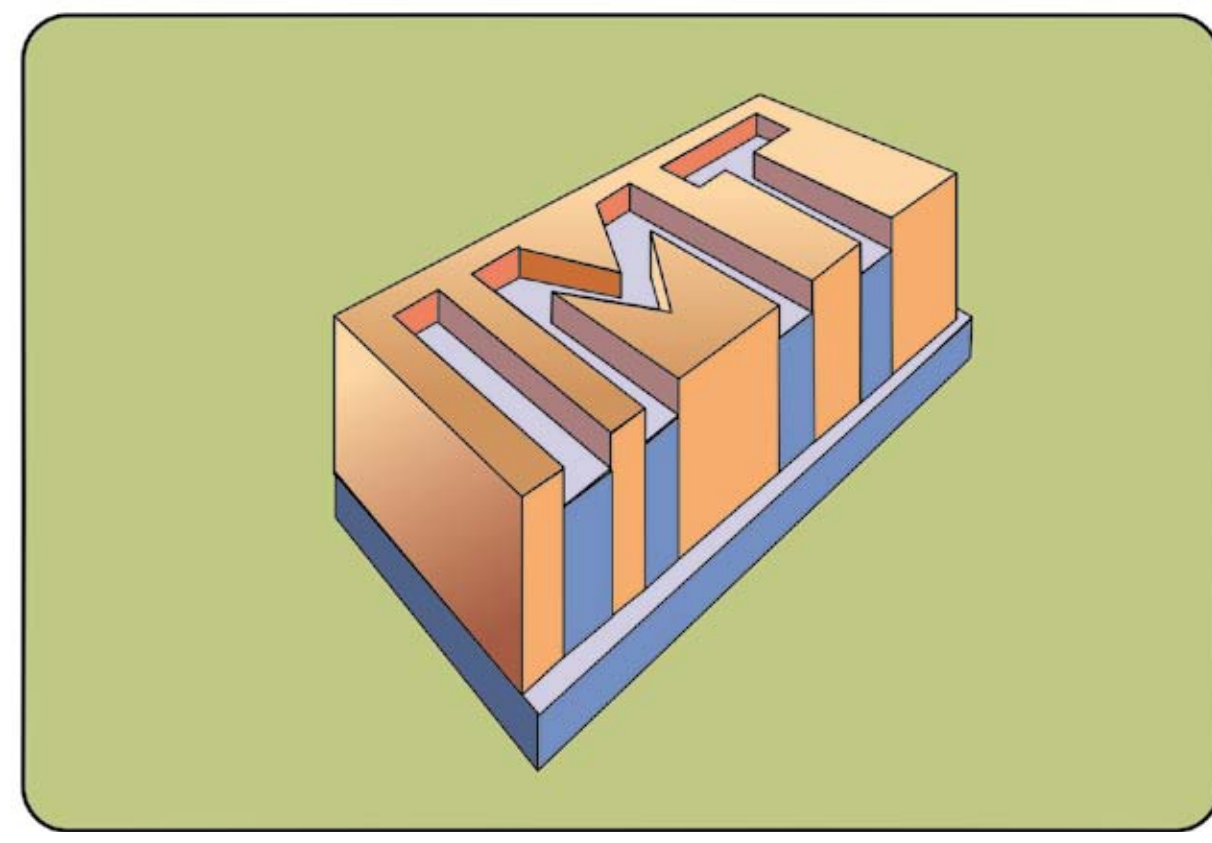
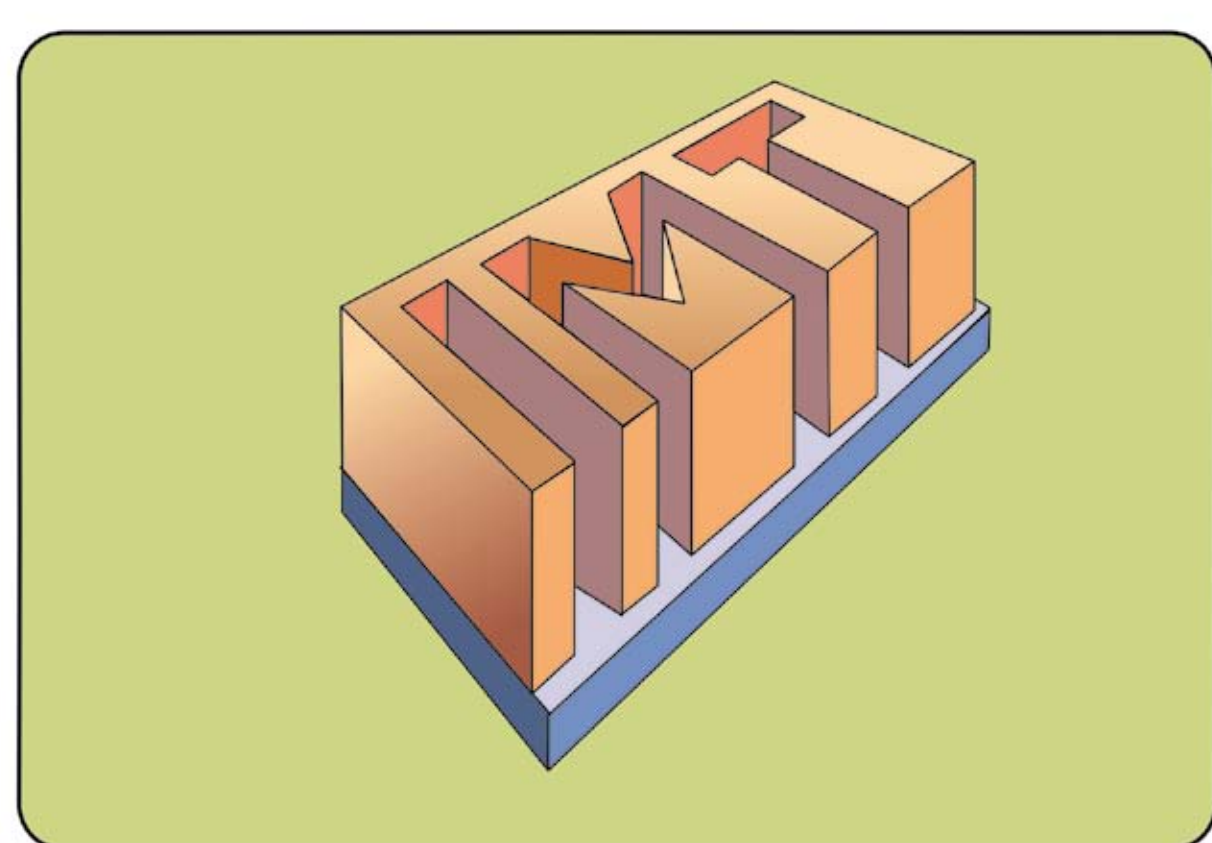
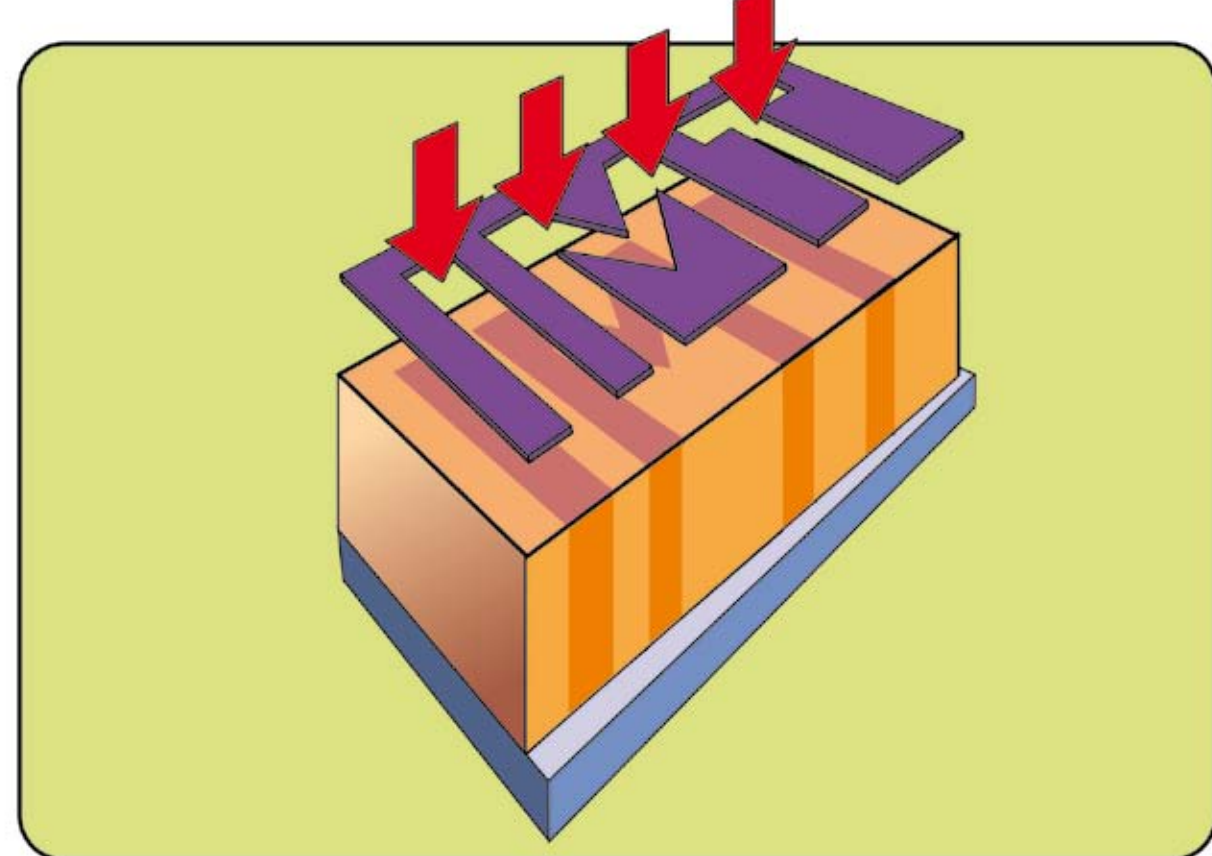


Abb. 1: Herstellschritte beim LIGA-Verfahren (von oben nach unten):

- Bestrahlung mit einer Arbeitsmaske
- Herauslösen der belichteten Resistbereiche
- Galvanoformung
- Fertigprodukt oder Abformwerkzeug
- Abformverfahren Heißprägen.

Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

Zentraler Bestandteil für die am Forschungszentrum Karlsruhe entwickelten Mikrosysteme sind Bauteile, welche Außenabmessungen von nur wenigen Mikrometer aufweisen. Schwerpunkt der Arbeiten in Karlsruhe ist die Entwicklung von technisch-wirtschaftlichen Verfahren zur Herstellung von solchen Komponenten aus Kunststoff, Metall oder Keramik.

Die Fertigung von Prototypen, Mikrostrukturapparaten oder einzelnen Abformwerkzeugen erfolgt über Laserbearbeitung oder konventioneller spanabhebender Bearbeitung durch Fräsen, Hobeln, Drehen oder Bohren, jeweils in modifizierter, auf den erforderlichen Mikrometermaßstab angepasster Form. Ein speziell für die Mikrostrukturierung entwickeltes Verfahren ist das am Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte LIGA-Verfahren.

Das LIGA-Verfahren umfasst ähnlich wie Verfahren der Mikroelektronik eine komplette Prozesskette, bestehend aus den Teilprozessen Röntgentiefenlithographie, Galvanoformung und Kunststoff-Abformung (Abb. 1). In der Röntgentiefenlithographie wird eine röntgenempfindliche Kunststoffschicht (Resist) – meist Plexiglas – durch den Schattenwurf einer Arbeitsmaske mit Röntgenstrahlung belichtet, wodurch ein exaktes Abbild der Absorberstrukturen auf der Maske in den Resist übertragen wird. Die belichteten Bereiche des Resists lassen sich anschließend selektiv herauslösen. Durch die im Vergleich zur optischen - bzw. UV-Lithographie sehr energiereiche und parallele Röntgenstrahlung lassen sich sehr hohe Strukturen (bis zu 3 mm) mit nahezu senkrechten und sehr glatten Seitenwänden (Rauhtiefe  $R_a < 50\text{ nm}$ ) erzeugen (Abb. 2).

Werden diese Kunststoffstrukturen auf einer metallischen Startschicht hergestellt, können die nach dem Entwicklungsvorgang freigelegten Strukturbereiche galvanisch mit verschiedenen Metallen wie Nickel, Gold, Kupfer oder Legierungen, aufgefüllt werden (Galvanoformung). Nach dem Aufwachsen des Metalls wird das restliche Resistmaterial entfernt und es verbleibt die erwünschte metallische Mikrostruktur, die im Prinzip direkt als Werkzeug für ein sich anschließendes Replikationsverfahren wie Heißprägen oder Spritzgießen verwendet werden kann. Damit können mit einem einzigen Formeinsatz sehr viele Mikrobeauteile aus einer Reihe von Kunststoffen oder Keramiken parallel und weitgehend automatisiert produziert werden.

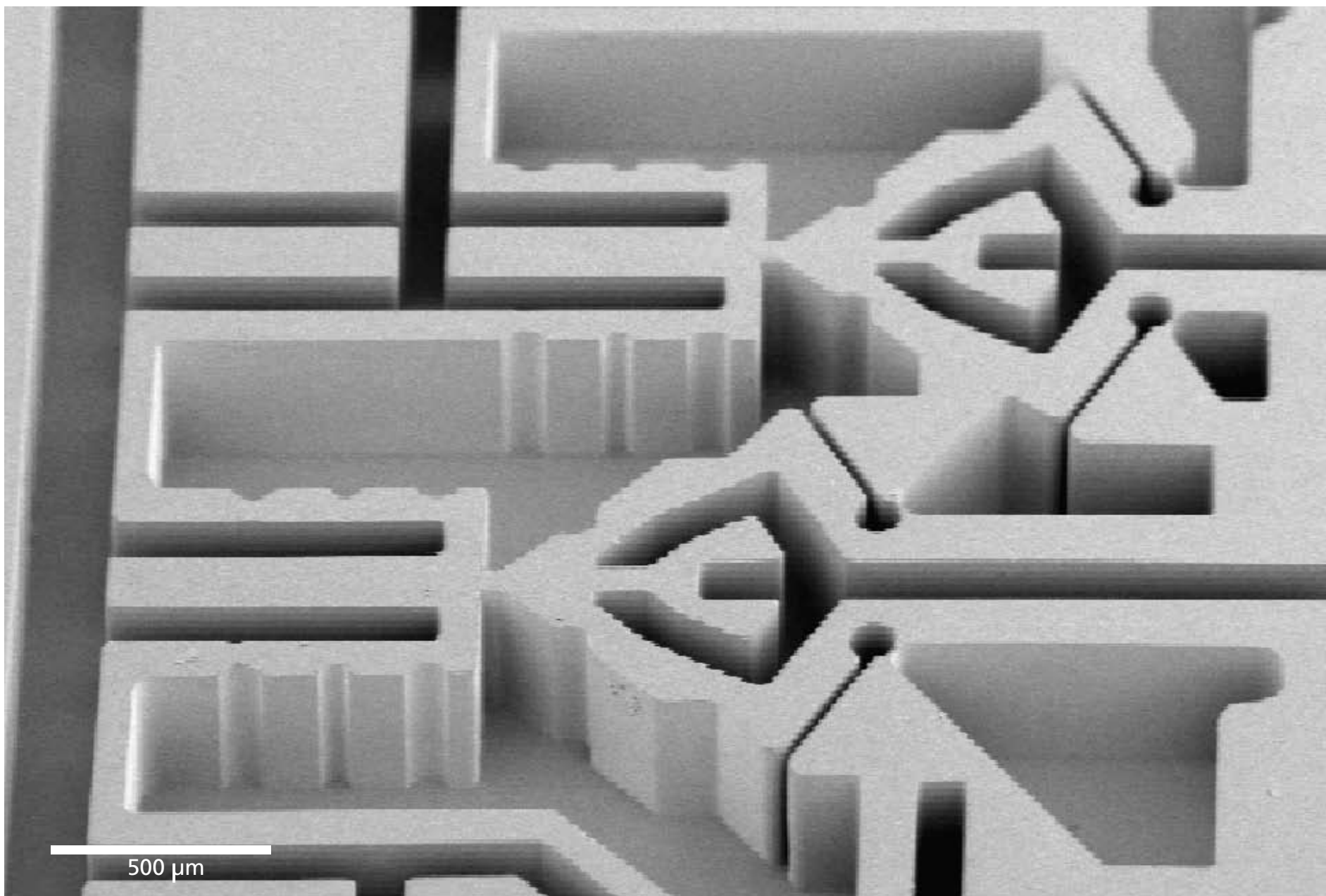


Abb. 2: Strukturdetail eines LIGA-Bauteiles.  
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe

# Michelson-Interferometer

Spektroskopische Analytik im nahen Infrarotbereich ist von besonderem Interesse in der chemischen Prozesstechnik, in der Umweltanalytik oder in der Lebensmittelanalytik. Hierbei werden kleine und kompakte Handgeräte gebraucht, um eine schnelle Vor-Ort-Analyse durchführen zu können. Neben Mikrospektrometern mit Detektorzeilen bieten sich Fourier-Transformations-Spektrometer (FTIR) für die Entwicklung derartiger Geräte an. Das Herzstück eines FTIR ist ein Michelson-Interferometer. In einem Michelson-Interferometer wird der einfallende Lichtstrahl über einen Strahlteiler - zum Beispiel einen halbdurchlässigen Spiegel - in zwei gleich helle Teilstrahlen aufgespalten. Der eine Teilstrahl wird über einen stehenden Spiegel auf einen Detektor gelenkt, der andere Teilstrahl über einen beweglichen Spiegel. Dadurch ergibt sich ein etwas unterschiedlich langer Lichtweg für die Strahlen. Auf dem Detektor überlagern sich (interferieren) die beiden Teilstrahlen (Abb. 1). Aus dem durch die Interferenzeffekte modulierten Detektorsignal lässt sich durch eine Fourier-Transformation die Farbzusammensetzung des eingefallenen Lichtstrahls berechnen. Ein derartiges, miniaturisiertes FTIR-Spektrometer wurde im Rahmen einer Doktorarbeit am Forschungszentrum Karlsruhe GmbH entwickelt. Es besteht aus einer mikrooptischen Bank mit Faserhaltern und mikrooptischen Komponenten zur Strahlkollimierung und -umlenkung, sowie einem elektromagnetischen Aktor, der eine

Verschiebung des einen Spiegels um bis zu 500 µm zulässt. Dieser für Mikrosysteme relativ große Stellweg ist notwendig, um mit dem Spektrometer Auflösungen im Bereich von 10 nm zu erzielen.

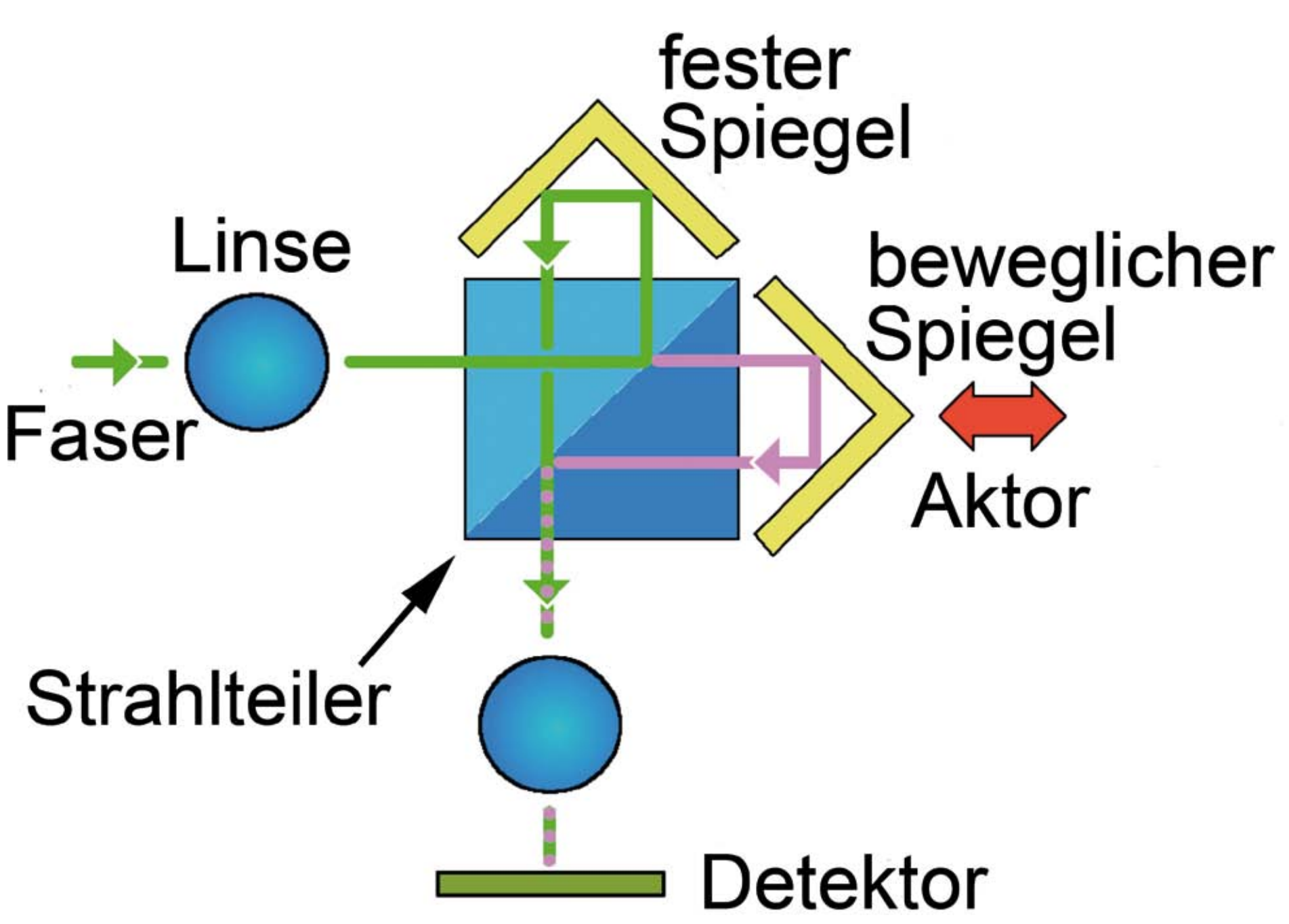


Abb. 1: Prinzip des Michelson-Interferometers (oben) und dessen Aufbau (unten).  
Bilder: Forschungszentrum Karlsruhe

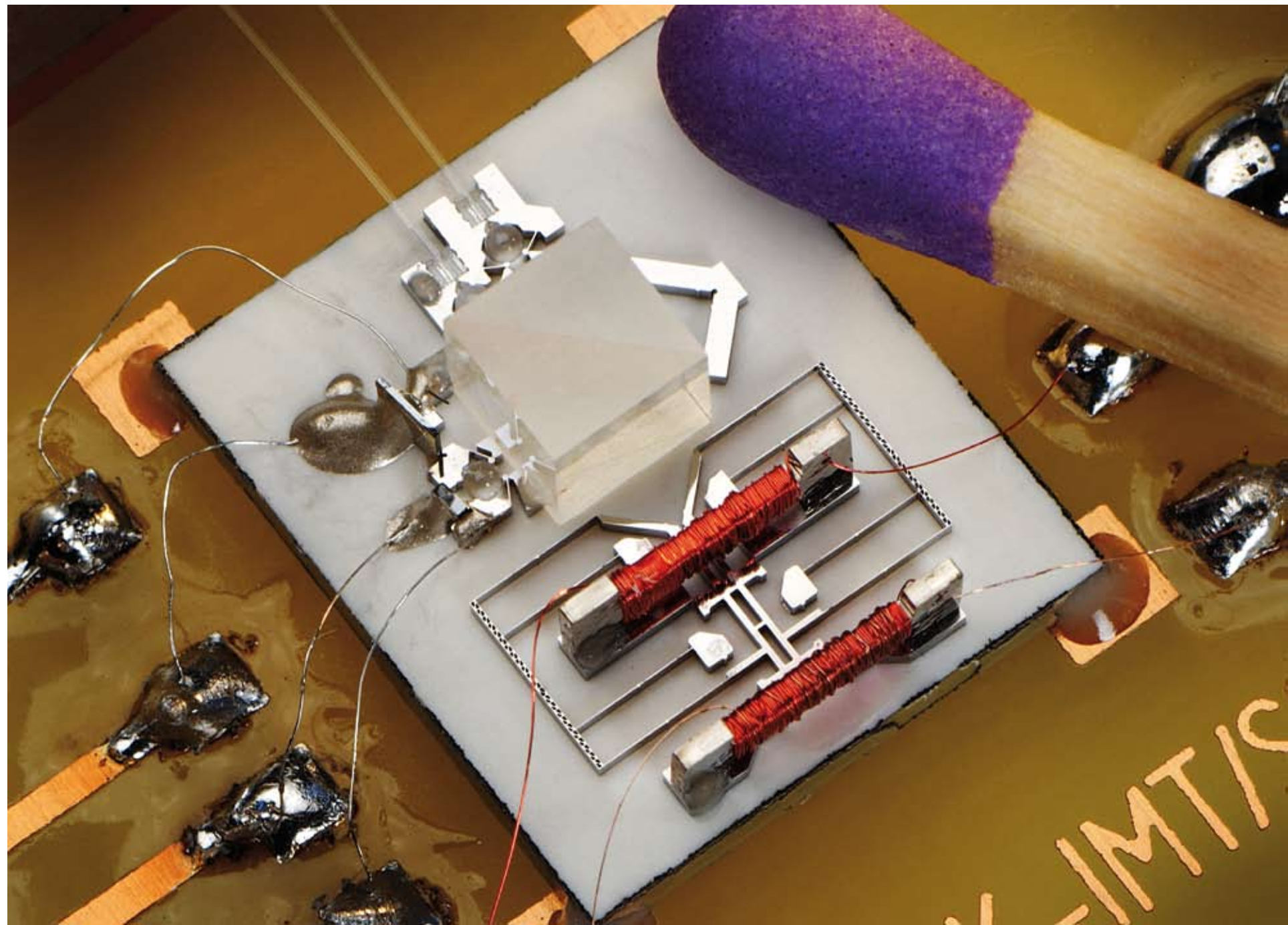
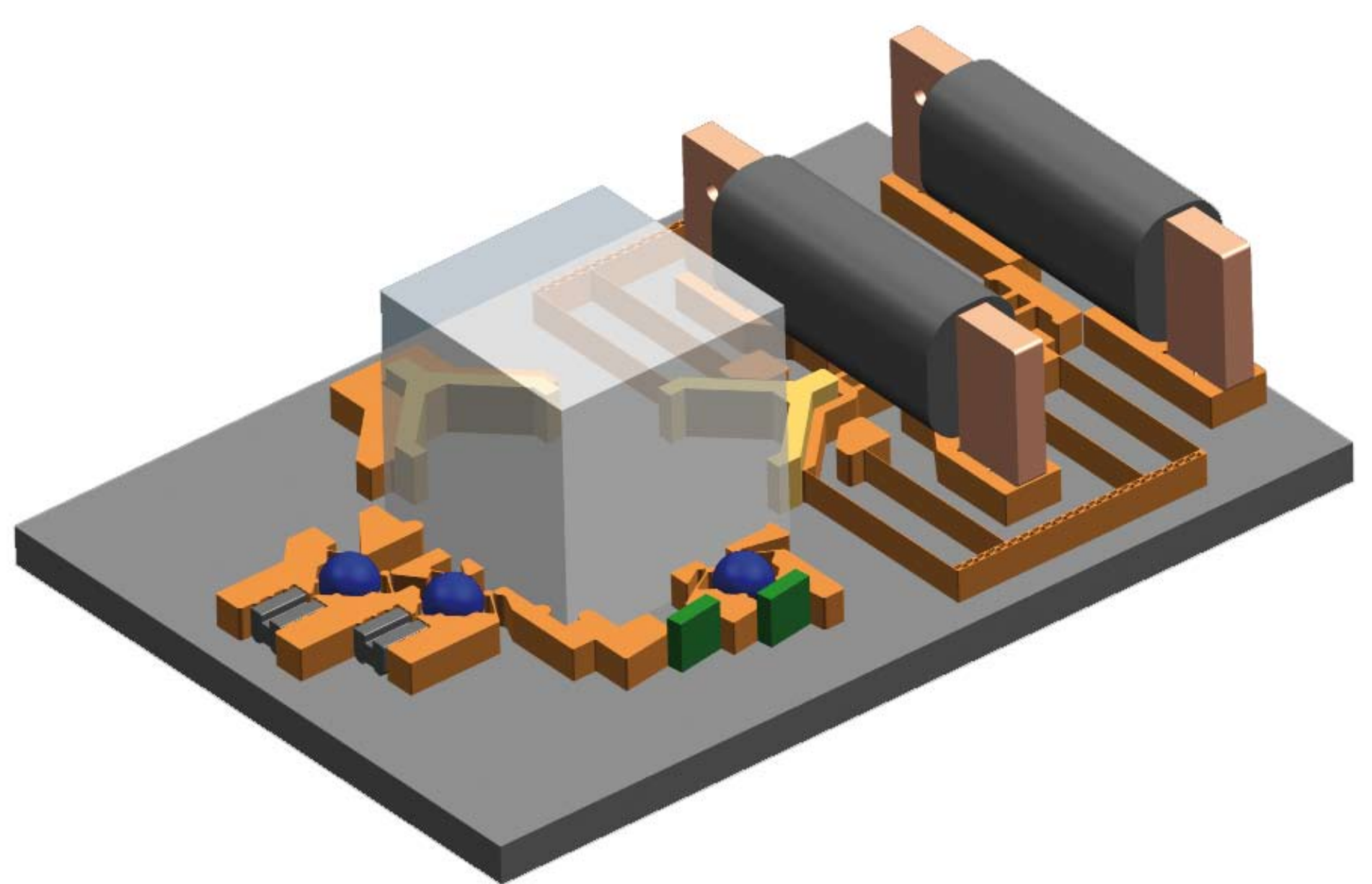


Abb. 2: ausgeführter FTIR-Mikrospektrometer.  
Bild: Forschungszentrum Karlsruhe