

Herstellung mikrofluidischer Strukturen und Bauteile auf Basis der Leiterplattentechnologie

Stefan Richter, Ansgar Wego und Lienhard Pagel

Einleitung

In vielen technischen Bereichen, beispielsweise bei chemischen Analysen, bei der Medikamentendosierung oder bei der Nährstoffversorgung von Zellkulturen sind kleinste Flüssigkeits- und Gasvolumina präzise zu dosieren und zu transportieren. Die dafür erforderlichen mikrofluidischen Bauteile und Strukturen werden bisher fast ausschließlich mit den Verfahren der Siliziummikromechanik oder der LIGA-Technologie (**L**ithografie-**G**alvanik-**A**bformung) gefertigt. Ein Vergleich der damit erreichbaren minimalen Strukturgrößen mit den für die Mikrofluidik typischerweise notwendigen zeigt, dass auch andere Technologien für die Herstellung fluidischer Komponenten geeignet sind, die nur geringere Genauigkeitsanforderungen erfüllen und damit preiswerter sind. Daher werden seit einigen Jahren verstärkt Untersuchungen zum Einsatz der Leiterplattentechnologie für die Herstellung mikrofluidischer Systeme durchgeführt.

Im vorliegenden Beitrag wird eine Methode vorgestellt, die durch die Ergänzung der herkömmlichen Leiterplattenherstellung um zusätzliche technologische Verfahren die Herstellung mikrofluidischer Komponenten und Systeme ermöglicht. Die Umsetzung des bekannten Prinzips eines kapazitiven Druckaufnehmers [1] mit Hilfe der beschriebenen Technologie wird dargestellt. Anhand der erzielten Messergebnisse wird deutlich, dass mit diesem Verfahren eine gegenüber der Silizium-Mikromechanik oder der LIGA-Technik kostengünstige Alternative zur Herstellung derartiger Komponenten zur Verfügung steht.

Im Gegensatz zu bisherigen Arbeiten auf dem Gebiet der leiterplattenbasierten Mikrofluidik zeichnet sich das vorgestellte Verfahren dadurch aus, dass die Fluidkomponenten nicht separat gefertigt werden, sondern als integrale Bestandteile der Mehrlagen-Leiterplatte im Verlaufe des Herstellungsprozesses entstehen.

Mikrofluidik unter Nutzung der Leiterplattentechnologie

In früheren Arbeiten sind bereits verschiedene technologische Ansätze zur Herstellung leiterplattenbasierter fluidischer Systeme beschrieben. So werden beispielsweise gefräste Kanäle in einer Leiterplatteninnenlage aus dickem Kupfer zur aktiven Kühlung von Leistungshalbleitern eingesetzt [2]. An anderer Stelle wird die hybride Integration fluidischer und elektronischer Bauelemente in einer Leiterplatte unter Nutzung einer Kanalstruktur aus Silizium für die notwendigen fluidischen Verbindungen vorgestellt [3]. Ebenso ist die Fertigung einer Pumpe mit einer in der Kupferauflage der Leiterplatte strukturierten und durch einen Piezoaktor ver-

schlossenen Pumpkammer dokumentiert, deren durch Drehen oder Spritzgießen hergestellte Anschlussröhrchen im dynamischen Betrieb als Ventile wirken [4].

Das am Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik der Universität Rostock eingesetzte Verfahren stellt eine Abwandlung der bekannten Multilayertechnik dar. Neben den für die elektrischen Funktionen notwendigen Leiterzügen werden zusätzliche Kupferflächen als seitliche Begrenzungen fluidischer Strukturen gestaltet. Entwurf und Strukturierung der einzelnen Platinenlagen aus starrem Basismaterial erfolgt mit Hilfe der gebräuchlichen Werkzeuge und Technologien. Die einzelnen Platten werden im Tauchverfahren mit einer gleichmäßig dünnen Klebstoffschicht versehenen und anschließend, sorgfältig zueinander justiert, unter Druck- und Temperatureinwirkung zu einer Mehrlagenplatine verklebt. Damit wird neben der mechanischen Verbindung der Leiterplattenlagen die sichere Abdichtung der fluidischen Strukturen gewährleistet [5].

In Erweiterung dieser Methode wird zusätzlich zu den starren Platinen eine flexible Polymerfolie in den Leiterplattenstapel eingebracht. Dadurch wird auch die Erzeugung beweglicher Funktionselemente ermöglicht, die für viele Arten von Sensoren und Aktoren benötigt werden. Außerdem werden Verfahren der Dünnschichttechnik für die Herstellung spezieller Elektroden genutzt.

Kapazitiver Membrandrucksensor auf Leiterplattenbasis

In Bild 1 ist schematisch der Aufbau eines kapazitiv arbeitenden Differenzdrucksensors in Leiterplattentechnik dargestellt. Er ist aus drei Leiterplattenebenen und einer dazwischen liegenden Membran aufgebaut. Die erste Platine enthält einen horizontalen Fluidkanal, der dem Anschluss des Referenzdruckes an die Sensorkammer dient. Diese befindet sich in der zweiten Leiterplattenebene. Der Höhenunterschied zwischen der feststehenden Elektrode und den umgebenden Leiterzügen entsteht durch selektive galvanische Verstärkung der Leiterzüge und bestimmt den Elektrodengrundabstand des Sensors. Die Membran besteht aus einer 8 μm dicken Polyimidfolie, die auf der Oberseite eine mittels Magnetron-Hochratezerstäubens (Sputtern) erzeugte 20 nm dünne Elektrode aus Aluminium trägt. Deren elektrische Kontaktierung erfolgt über ein Durchverbindungsloch in der dritten Leiterplattenebene, welche zudem die Druckkammer enthält und die Fluidanschlüsse trägt.

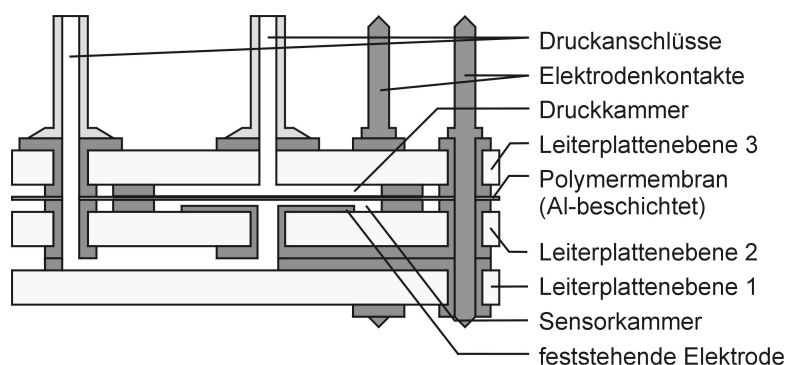


Bild 1: Schematischer Aufbau eines leiterplattenbasierten kapazitiven Differenzdrucksensors

Die Metallschicht der Membran und die feststehende Elektrode bilden einen Kondensator. Ein Druckunterschied zwischen Druck- und Sensorkammer führt zu einer Verformung der Membran und damit zu einer Veränderung der Kapazität, die ein Maß für die angelegte Druckdifferenz ist.

Ein fertiges Muster des beschriebenen Sensors ist in Bild 2 gezeigt. Die dazugehörige Kennlinie ist in Bild 3 dargestellt. Im Bereich von -5 mbar bis +15 mbar besitzt die Charakteristik die größte Steilheit, also zeigt der Sensor hier die größte Empfindlichkeit. Betrachtet man allein diesen Bereich (Bild 4), so kann man das Sensorverhalten näherungsweise durch eine Gerade beschreiben, aus der sich die Grundkapazität des Wandlers von 22 pF und eine mittlere Empfindlichkeit von 1 pF/mbar ablesen lassen.

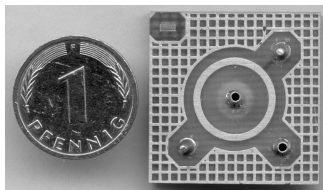


Bild 2: Muster des beschriebenen Drucksensors im Größenvergleich mit einer Pfennigmünze

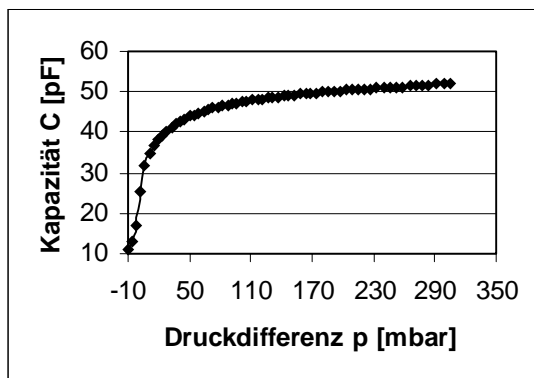


Bild 3: Sensorcharakteristik über den gesamten Druckbereich

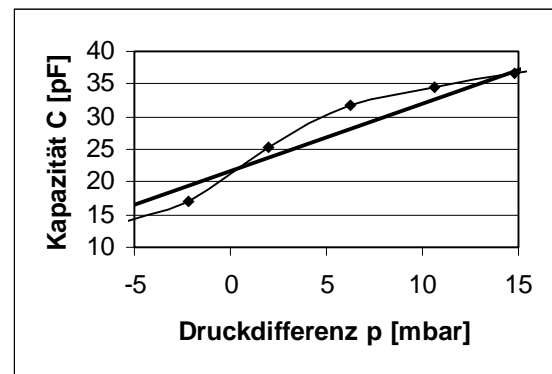


Bild 4: Gemessene Kennlinie und lineare Approximation im Bereich maximaler Empfindlichkeit

Zusammenfassung

Es wurden ergänzende Technologieschritte vorgestellt, die es ermöglichen, bei der Herstellung von Leiterplatten neben den herkömmlichen elektrischen Verbindungen auch fluidische Elemente zu erzeugen. Die Leistungsfähigkeit dieses Verfahrens wurde am Beispiel eines Drucksensors demonstriert, der eine sehr hohe Empfindlichkeit bei kleinem Meßbereich aufweist. Durch Einsatz von Membranen mit größerer Steifigkeit lassen sich diese Charakteristika in einem weiten Bereich variieren und können so an konkrete Messaufgaben angepasst werden.

Die weiteren Arbeiten werden sich damit beschäftigen, mehrere fluidische Komponenten und die erforderliche Steuer- und Auswerteelektronik in eine Leiterplatte zu integrieren.

Das beschriebene Verfahren stellt eine für die Fertigung integrierter fluidischer Sensor-Aktor-Systeme geeignete, im Vergleich zu bisher eingesetzten Technologien kostengünstige Technologie dar.

Literatur

- [1] Elbel, T.: *Mikrosensorik*. 1. Aufl., Verlag Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1996.
- [2] *Das Leiterplattenhandbuch auf CD-ROM*. 6. Ausgabe, ILFA GmbH, Hannover, 1999.
- [3] Wissink, J.; Prak, A.; Wehrmeijer, M.; Mateman, R.: *Novel low cost modular assembly technology for μ TAS using PCB technology*. Proc. MICRO.tec 2000 Bd. 2, VDE-Verlag, Berlin, 2000, S. 51-56.
- [4] Nguyen, N. T. ; Huang, X.: *High performance micropumps based on printed circuit board technology*. SPIE Proc. Bd. 4177, S. 263-270.
- [5] Merkel, T.; Gräber, M.; Pagel, L.: *A new technology for fluidic Microsystems based on PCB technology*. Sensors and Actuators, A 77 (2) (1999), S. 98-105.

Verfasser

Dipl.-Ing. Stefan Richter, Dipl.-Ing. Ansgar Wego, Prof. Dr. sc. techn. Lienhard Pagel

Universität Rostock
FB Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik
18051 Rostock

Tel.: 0381 / 498 3512

Fax.: 0381 / 498 3608