

Fluidische Mikrosysteme in Leiterplattentechnologie

Lienhard Pagel, Ansgar Wego, Stefan Richter

Technologische Grundlagen

Im Graduiertenkolleg “Fluidische Sensor-Aktor-Systeme” ist ein technologisches Konzept zur Realisierung von dreidimensionalen fluidischen Komponenten und Systemen in Leiterplattentechnologie entwickelt und getestet worden. Das Ziel ist die Konstruktion, die Erprobung und die Optimierung von miniaturisierten fluidischen Komponenten unter weitestgehender Nutzung technologischer Bearbeitungsschritte und Materialien der Leiterplattentechnologie. Die technologischen Grundlagen bilden die Bearbeitungsschritte der Leiterplattentechnologie, die im Bereich der Verbindungstechnik durch eine spezielle Klebtechnik ergänzt wird [1]. Diese Technologie wird durch die Dünnschichttechnik (Sputtering, Strukturierung) ergänzt. Insbesondere für akorische Anwendungen [2] und Sensoranwendungen [3] ist der Einsatz von dünnen Schichten auf Polymermembranen interessant ([4] und [5]). Einfache Applikationen sind ohne Dünnschichttechnik möglich und sind in [3] und [6] beschrieben.

Modifizierte Leiterplattentechnologie

Ausgehend von den in der Leiterplattentechnik üblichen Arbeitsschritten werden hauptsächlich Leiterbahnen zur Erzeugung von Strukturen benutzt. Dabei werden Strukturen aus dem kupferbeschichteten Basismaterial geätzt und falls erforderlich, zusätzliche Schichten galvanisch abgeschieden, um beispielweise Abstandshalter zu realisieren. Bild 1 zeigt beispielhaft die technologische Bearbeitungsfolge für die Herstellung des in [5] beschriebenen Drucksensors.

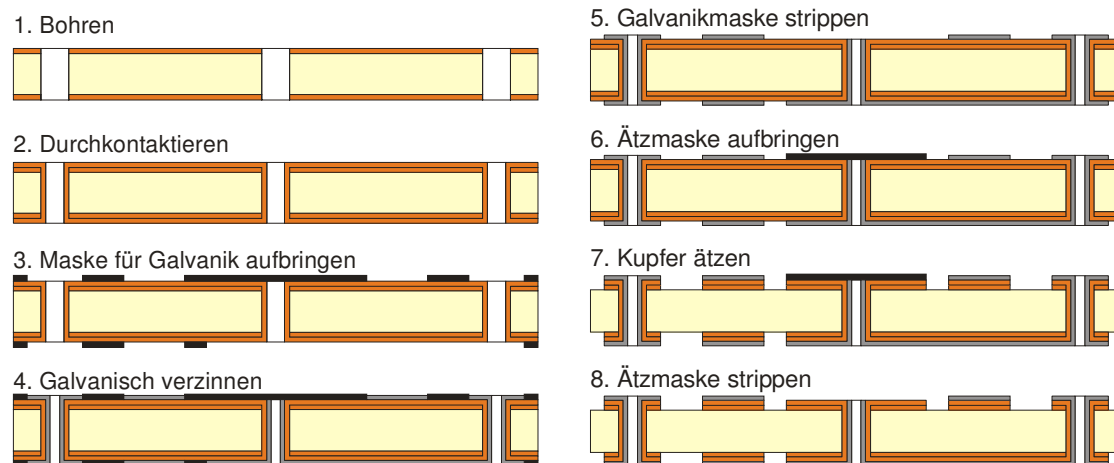


Bild 1: Teilschrittfolge für die Herstellung eines Drucksensors

Klebertechnik

Zur Herstellung von lateralen Kanälen werden schmale Leiterzüge benutzt. Dabei bilden Leitbahnen die laterale Begrenzung der Kanäle. Wie in Bild 2 dargestellt, werden die Oberflächen mit Kleber beschichtet und anschließend unter Druck verbunden. Das Resultat ist ein Kanal, dessen innere Oberflächen mit Klebstoff ausgekleidet ist (Bild 3). Diese Kanalstruktur bietet Vorteile für Applikationen im Bereich der Biologie. Dort wäre ein Kontakt den Medien mit Kupfer störend, weil Kupfer-Ionen in Lösung gehen könnten und dann meist toxisch wirken.

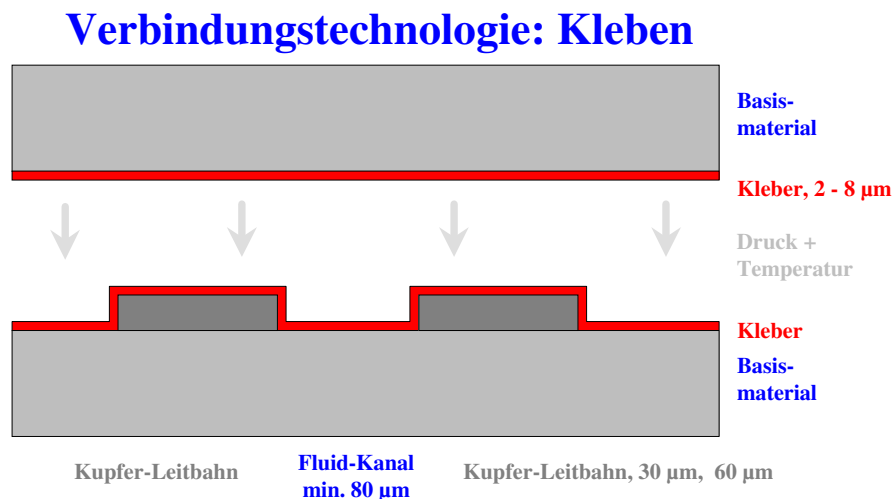


Bild 2: Darstellung eines einfachen lateralen Kanals in Leiterplattentechnologie

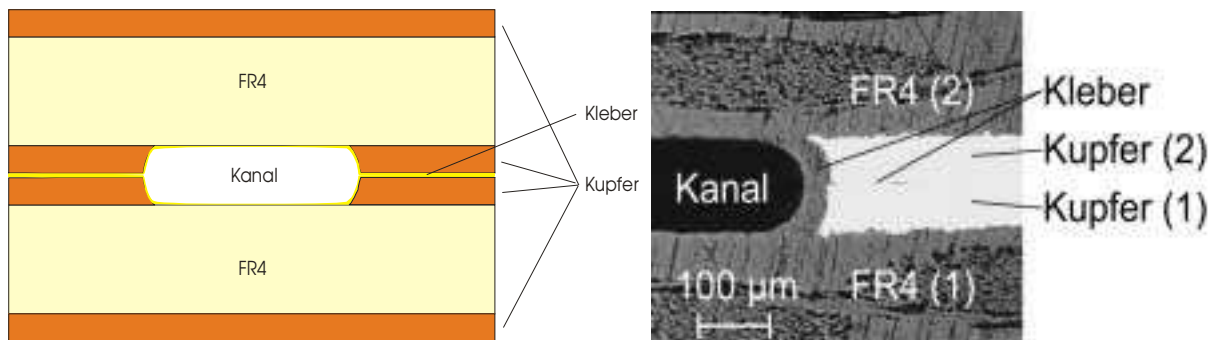


Bild 3: Schematische Darstellung und Schlifffbild eines Kanals doppelter Höhe

Für die Gestalt des Kanals ist die Breite der begrenzenden Leitbahn entscheidend. Wie in [1] beschrieben, kann bedingt durch die Kleberbilanz auf den beschichteten Flächen bei breiten Begrenzungen der Zwischenraum partiell mit Kleber verschlossen werden.

Dünnschichttechnik und Membrantechnologie

Für Anwendungen in der Aktorik ([2],[4]) und der Sensorik [5] werden oft Membranen benötigt. Sie dienen zur Trennung von Medien, sollten in ein Anwendungen für Ionen

durchlässig sein [6] oder elektrische Leitfähigkeit besitzen, wenn sie als Heizer verwendet werden sollen. Am Beispiel eines thermisch getriebenen Volumen-Aktors soll der Einsatz von beschichteten Polyimid-Membranen beschrieben werden. Hier werden dünne Metallschichten als Heizer verwendet. Der hauptsächliche Vorteil dieser beschichteten Membranen liegt in der geringen Wärmekapazität der Heizstruktur. Bild 4 zeigt vier Varianten eines thermopneumatischen Volumen-Aktors, wie er beispielsweise in Membran-Pumpen verwendet wird.

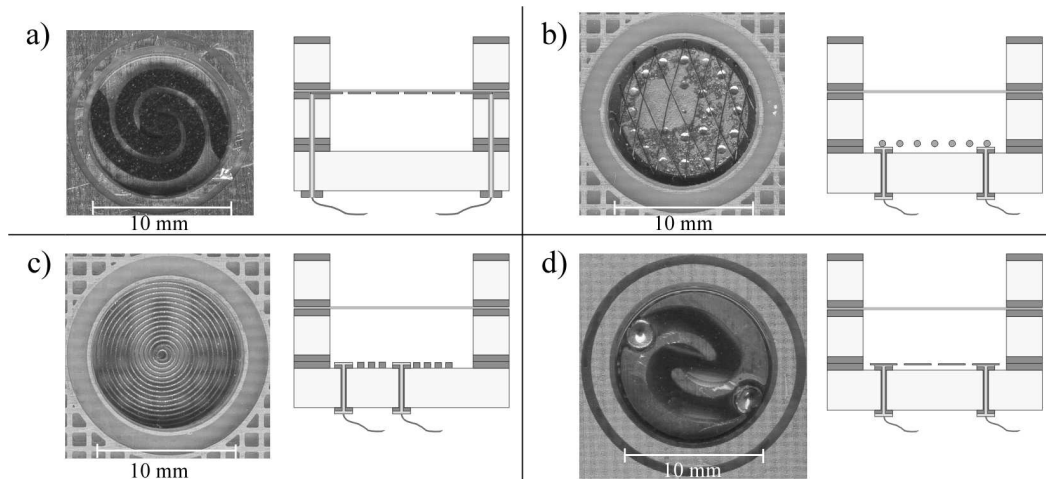


Bild 4: Vergleichende Darstellung von 4 verschiedenen Konzepten für einen thermopneumatischen Volumenaktor:

- a) Kupferschicht direkt abgeschieden und strukturiert auf einer Polyimid-Membran
- b) Konstantan[®]-Draht als Heizer und Polyimid-Membran zur Trennung der Medien
- c) Nutzung der Kupfer-Leitbahn direkt auf dem Basismaterial
- d) Konstantan[®]-Heizer auf einer Polyimid-Membran, nicht beschichteter Teil der Membran wurde durch Plasma-Ätzen entfernt

Ein Vergleich der Aktoren zeigt, dass Variante d mit der geringsten Heizleistung auskommt, gefolgt von Variante a. Die Membran-Heizer sind mit einer um den Faktor 2 bis 3 niedrigeren Heizleistung deutlich im Vorteil. Die höchste Leistung muss aufgebracht werden, wenn die Heizschicht direkt auf dem Basismaterial aufgebracht ist (Variante c). Weitergehende Daten können [7] entnommen werden.

Die Membrantechnologie weist gegenüber der Dünnschichttechnik, die feste Glas, Keramik oder Silizium-Substrate verwendet, einige Besonderheiten auf. Die Membranen weisen Dicken bis 4 µm auf und sind ohne spezielle Haltevorrichtung nicht zu handhaben. Es muss eine Spannvorrichtung verwendet werden, in der die Membranen gespannt und fixiert werden können. Die Vorrichtung weist die Größe einer 4“-Scheibe auf und ist deshalb in gängigen Sputter-Anlagen einsetzbar. Bei der Prozessführung ist die geringe Wärmekapazität der Folien zu beachten, die selbst bei kleinen Sputterleistungen von einigen hundert Watt schnell zu kritischen Temperaturerhöhungen führen. Hier hilft ein intermittierender Betrieb des Magnetrons.

Während des Strukturierungsprozesses bleibt die beschichtete Folie in der 4“-Haltevor-

richtung fixiert. Die Lackbeschichtung, die Belichtung und das Ätzen erfolgen dann auf der gespannten Folie. Die Verbindung der Folie mit dem Träger erfolgt durch Kleben analog zu Bild 2. Die Membran wird zwischen den zu verklebenden Teilen positioniert. Bei der Variante d wurden die nicht beschichteten Teile der Membran durch einen Plasma-Ätzprozess entfernt.

Anwendungen

Die skizzierte fluidische Leiterplattentechnologie ist bisher zur Realisierung von aktiven und passiven Ventilen, Membran-Pumpen, Viskositäts-Pumpen, Ionenaustauschern, Blasen-detektoren, pH-Detektoren und Drucksensoren und anderen Komponenten der Fluidtechnik verwendet worden. Erste Schritte zur Realisierung komplexer fluidischer Systeme sind mit Erfolg beschritten worden, wobei die Kompatibilität der Technologie zur Fertigung fluidischer Komponenten zur traditionellen Elektronik-Leiterplatten-Technologie ein besonderer Vorteil ist. Die Integration von Verstärkern, Steuerungen und Verbindungselementen bereitet keine Schwierigkeiten. Systemfremde fluidische Elemente, die beispielsweise in Silizium- oder LIGA-Technik gefertigt wurden, sind leicht integrierbar.

Literatur

- [1] Merkel, T., Graeber, M., Pagel, L.: A new technology for microsystems based on PCB technology, *Sensors and Actuators* 77(1999)98-105
- [2] Wego, A., Pagel, L.: A self-filling micropump based on PCB technology, *Sensors and Actuators A* 88(2001) 220-226
- [3] Merkel, T., Pagel, L., Glock, H.-W.: Electric fields in fluidic channels and sensor applications with capacitance, *Sensors and Actuators* 80(2000)1-7
- [4] Wego, A., Richter, S., Pagel, L.: Mikropumpe auf der Basis der Leiterplattentechnologie, 10. Symposium Maritime Elektronik 2001, Rostock
- [5] Richter, S., Wego, A., Pagel, L.: Herstellung mikrofluidischer Strukturen und Bauteile auf Basis der Leiterplattentechnologie, 10. Symposium Maritime Elektronik 2001, Rostock
- [6] Lärütz, C., Pagel, L.: A microfluidic pH-regulation system based on printed circuit board technology, *Sensors and Actuators* 84 (2000)230-235
- [7] Wego, A., Glock, H.-W., Pagel, L.: Investigations on thermo-pneumatic volume actuators based on PCB technology, *Sensors and Actuators*, 2001 (eingereicht)

Verfasser

Prof. Dr. Lienhard Pagel, Universität Rostock, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik
Albert-Einstein-Straße 2, D-18051 Rostock
Tel.: 0381 498 3500, e-mail: pagel@warnow.e-technik1.uni-rostock.de

Dipl.-Ing. Ansgar Wego und Dipl.-Ing. Stefan Richter, Universität Rostock, Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik, Graduiertenkolleg „Fluidische Sensor-Aktor-Systeme“, Institut für Gerätesysteme und Schaltungstechnik
Albert-Einstein-Straße 2, D-18051 Rostock