

Let's talk about solutions

Prozessentwicklung und Untersuchungen
zur Steigerung der Integrationsdichte
hoch paralleler Druckverfahren

AiF 13796 N

Kai Hiltmann und Remigius Niekrawietz

Institut für Mikro- und Informationstechnik
der Hahn-Schickard-Gesellschaft e.V.

Wilhelm-Schickard-Straße 10
78052 Villingen-Schwenningen

Tel.: +49 7721/943-0
Fax.: +49 7721/943-210

eMail: info@hsg-imit.de
web: www.hsg-imit.de

Zusammenfassung

Hoch parallele mikrotechnische Systeme („Druckköpfe“) aus Reservoir, Düse und Verbindungskanal werden bereits seit einigen Jahren erfolgreich in der biomedizinischen Technik eingesetzt. Diese Grundanordnung wurde in diesem Projekt untersucht, variiert und optimiert. Zu diesem Zweck haben wir zunächst die Funktionalität des Druckkopfs analysiert und die hauptsächlichen Konstruktionsparameter identifiziert. Diese wurden auf ihre Wechselwirkung hin untersucht, numerisch zuverlässig simuliert und systematisch experimentell variiert. Als Ergebnis haben wir einen Satz minimaler und technisch sinnvoller Konstruktionsmaße erhalten, mit welchen ein Druckkopf mit kleinsten Abmessungen in Planartechnik realisiert wurde.

Hierauf aufbauend haben wir Druckköpfe in zwei und drei Lagen Silizium hergestellt, die noch höhere Integrationsdichte durch Kanalführung in mehreren Ebenen und die komplette Deckelung der Kanalstrukturen erlauben, um z.B. Verdunstung der zu dosierenden Medien auszuschließen.

In Zweilagentechnik wurde als Demonstrator der Entwicklung ein Druckkopf für 384 Medien mit Düsenraster 500 µm vorgestellt.

Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.

Angaben zum Projekt

| | | | |
|--------------------------|--|-----------------------|------------|
| Projektname: | 13796 N „Prozessentwicklung und Untersuchungen zur Steigerung der Integrationsdichte hoch paralleler Druckverfahren“ | | |
| Projektnummer, HSG-IMIT: | 313401 | Projektnummer, IMTEK: | 305408 |
| Projektleiter: | Dipl.-Ing. Kai Hiltmann, Dipl.-Ing. Remigius Niekrawietz | | |
| Startdatum: | 01.07.2003 | Enddatum: | 31.12.2005 |

Ziele und Ergebnisse des Projektes

Allgemeines

Im Projekt Microchannel sind Möglichkeiten untersucht worden, mit Hilfe derer Düsenplatten für den parallelen Druck einer Vielzahl von biotechnischen Flüssigkeitsproben weiter miniaturisiert und verdichtet werden können. Hiervon versprechen wir uns folgende Vorteile:

- Erhöhung der Zuverlässigkeit durch
 - Optimierung der Querschnittsform der Kanäle zur Fluidführung sowohl in der Scheibenebene als auch in der Vertikalenrichtung
 - Verbesserung der Prozesse zum Verbinden von Scheiben, um Diffusion von Flüssigkeit zwischen einzelnen Kanälen auszuschließen (Querkontamination)
 - optimale Dimensionierung von Kanälen und den sie trennenden Stegen, um die Reinigung nach Gebrauch zu erleichtern und sie robuster gegen mechanische Belastung bei der Reinigung zu machen
- Erhöhung der Funktionalität durch Vergrößerung des Druckbereichs auf mehr Düsen bei gleicher Grundfläche. Hierzu wurden vor Allem
 - geometrische Dimensionen auf ihr technisch sinnvolles Minimum reduziert
 - neue Möglichkeiten der räumlichen Führung von Kanälen zu erschlossen, d.h. verstärkte Nutzung der vertikalen Integration

Testaufbau

Zur Charakterisierung des Dosierverhaltens wurde während der experimentellen Phase ein spezieller Versuchsaufbau, **Abbildung 1**, konzipiert. Hierbei ist es möglich, mit einem Laservibrometer die Kolbenauslenkung zu erfassen. Das Laservibrometer wird mit dem Objektiv des Messkopfes auf das Messobjekt (Kolben), das mit einer Reflektionsfolie versehen ist fokussiert, von dort reflektiert und in das Interferometer im Messkopf zurückgekoppelt. Der integrierte Drucksensor detektiert gleichzeitig den ansteigenden Druck in der Aktorkammer.

Wegen der Dosierung geringster Flüssigkeitsmengen im Nanoliterbereich tritt sehr schnelle Verdunstung der Tropfen auf; diese ist jedoch unvermeidlich, da nicht unter erhöhter Luftfeuchtigkeit gemessen werden kann. Zur Untersuchung der Dosiervolumina wurde daher das Tropfenvolumen optisch über die Stroboskopkamera bestimmt.

Da sich aufgrund der Oberflächenspannung die dispensierte Flüssigkeit nach dem Tropfenabriss an der Düse zu einer Kugel formt, kann bei der Volumenbestimmung von einer nahezu sphärischen Kugel ausgegangen werden. Aus dem ermittelten Radius der Tropfen kann somit sehr einfach das Dosiervolumen errechnet werden. Der aufgenommene Tropfenabriss und das Benetzungsverhalten an den Düsen können ferner mit den erfassten Druckparametern in Korrelation gesetzt werden (**Abbildung 2**).



Abbildung 1 – a: Verwendeter Messaufbau zur Charakterisierung der Druckköpfe; b: Detailansicht des Print-Moduls

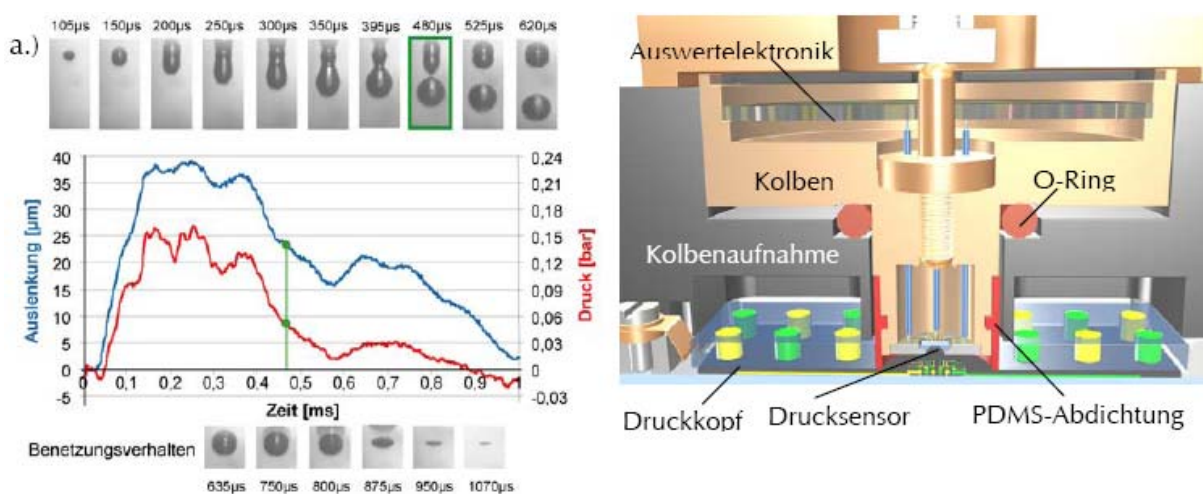


Abbildung 2– a: Stroboskopaufnahmen des Tropfenabrisses und des Benetzungsverhalten an einer Düse in Korrelation zur Auslenkung des Kolbens sowie dem generierten Druck in der Aktorkammer. b: Querschnitt durch das Print-Modul und Detailansicht des Kolbenaufbaus

Durch die Korrelation der Tropfenbildung an der Düse mit der Kolbenauslenkung und dem daraus resultierenden Druck konnte der Bereich der Tropfenablösung ermittelt werden. Die Einzeltropfenablösung findet während des abfallenden Druckimpulses statt, der somit sogar den Tropfenabriss forciert.

Ergebnisse

Kapillare Selbstbefüllung – die technisch sinnvolle Mindestbreite mikrofluidischer Kanäle liegt im Bereich einiger 10 μm .

Querkontamination – auch die kleinsten getesteten Stege zwischen Kanälen dichteten zuverlässig ab, Übersprechen der Kanäle untereinander findet damit nicht statt.

Durchmesser der Düsenaufweitung – dieses Maß lässt sich durch Variation anderer Abmessungen deutlich reduzieren.

Düsendurchmesser – Reduktion erlaubt höhere Dichte der dosierten Medienpunkte.

Düsenlänge – die Düse ist der engste Bereich der Dosierstrecke, weswegen an ihr der größte Druckabfall stattfindet. Ihre Verkürzung erlaubt damit Verringerung des Dosierdruckes.

Anordnung von Kanälen auf mehreren Ebenen – eine Vergrößerung der Integrationsdichte mit geometrischer Entflechtung der Kanalführung über mehrere Ebenen ist möglich, verlangt aber wegen größerer Anzahl der Prozessschritte und erhöhten Anforderungen an die Bondtechnik größeren technologischen Aufwand.

Ein ausführlicher Bericht kann bei Interesse angefordert werden.

Das Forschungsvorhaben 13796 N der Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung wurde im Programm zur Förderung der "Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)" vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AIF finanziert.