Arkadiusz Dziubek (Autor)

Mikroplasmen in Kanälen bei Atmosphärendruck

https://cuvillier.de/de/shop/publications/607

Copyright:
Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany
Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: https://cuvillier.de

Einleitung

Die Mikrofluidik ist ein sich sehr schnell entwickendes Gebiet der Mikrosystemtechnik. Sie beschäftigt sich mit Bauteilen und Methoden, die zur Bewegung, Kontrolle, Aufbereitung, Dosierung und Analyse von kleinsten Mengen von Flüssigkeiten und Gasen dienen. Die Mikrofluidik-Produkte werden unter anderem in der Chemie (in Form von Mikroreaktoren, -dosiersystemen und -ventilen), der Human-Biologie und Medizin (Dosierung von Arzneimitteln, DSN- und Protein-Analysen, Entwicklung neuer Medikamente) und Informationstechnik (Tintenstrahldrucker) eingesetzt [Info2003], [Fran2007].

Die Abbildung 1 zeigt den schematischen Aufbau eines Mikrofluidik-Produktes. Dieser besteht grundsätzlich aus zwei Teilen: einem Hauptteil, in dem sich die Transportkanäle (Kapillaren) befinden und einer Abdeckfolie, die die Kanäle verschließt. Die Kanäle können im Allgemeinen unterschiedlich breit und tief sein, was durch einen Parameter, das Aspektverhältnis, charakterisiert wird.

Eine Gruppe der wichtigen Anwendungen von Mikrofluidik-Produkten bilden so genannte µTAS (micro total analysis systems). Diese finden Einsatz als multifunktionale Einweg-Mikrolabore. Bei der Benutzung dieser Lab-on-a-Chip-Systeme ist es möglich, unterschiedliche Analysen vor Ort schnell und genau durchzuführen. Als Beispiel solcher Labore kann der Lilliput®-Chip der Firma Merlin Diagnostika genannt werden. Er findet Einsatz in der klinischen Mikrobiologie zur Identifikation von Mikroorganismen und zum Screening von Antibiotikaresistenzen. Die Reaktionskavitäten, in denen sich die unterschiedlichen Antibiotika befinden, werden mit den Reagenzien aus dem zentralen Reservoirs durch die Kapillarkräfte selbständig befüllt. Das kleine Volumen der Kavitäten (einige µl) bedeutet eine Kostenersparnis bei den Reagenzienmengen und eine hohe Reaktions-geschwindigkeit im Vergleich zu klassischen Methoden [Micr2004], [Micr2005].

Da die Mikrofluidik-Produkte als Verbrauchsmaterialien genutzt werden sollen, müssen sie preisgünstig in großen Stückzahlen herstellbar sein. Als Fertigungsverfahren bietet sich hier das Spritzgussverfahren in Kunststoff an. Um die Produkte anwenden zu können, müssen die Oberflächen der Mikrokanäle entsprechend vorbereitet werden. Die innere Behandlung der Mikrofluidik-Produkte stellt eine besondere Herausforderung dar, da die Querschnittsabmessungen der Kanäle in dem Bereich einiger hundert Mikrometer liegen und die Kunststoffoberflächen nicht benetzbar sind. Dieses schließt den Einsatz von klassischen nasschemischen Methoden aus. Zusätzlich verändern diese die Struktur des Materials inakzeptabel, zum Beispiel durch Ablagerung unerwünschter Stoffe an der Oberfläche. [Inno2005], [Jaco2005]

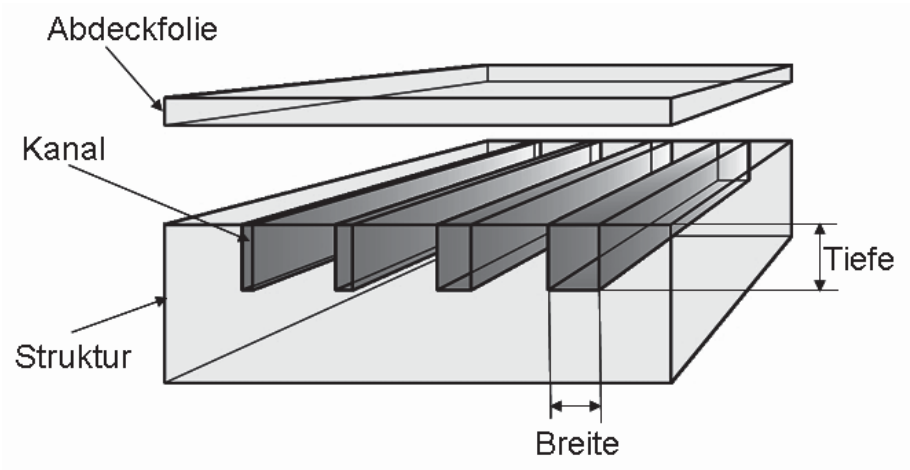

Abbildung 1: Schematischer Aufbau eines Mikrofluidik-Produktes

Als Ersatz der nasschemischen Methoden bietet sich hier die Plasmatechnik an, welche schon seit längerer Zeit in der Industrie zur Oberflächenbehandlung von großen Oberflächen (Behandlung von Folien oder Papier) eingesetzt wird. Weil die Niederdruck-Plasmen relativ kostenintensiv, langsam (Behandlungszeit) und für die bereits geschlossenen Mikrofluidik-Produkte nicht einsetzbar sind, ist das Plasmaverfahren bei Atmosphärendruck besonders für diese Zwecke geeignet.

Gegenüber Niederdruckplasmen bieten Plasmaentladungen bei Atmosphärendruck wesentlich günstigere Einsatzmöglichkeiten, da neben der wegfallenden

Vakuumerzeugung auch höhere Taktzeiten erreicht werden können. Dielektrische Barriereentladungen (Dielectric Barrier Discharges - DBD), mit denen bereits von Werner von Siemens experimentiert wurde, stellen eine solche Form atmosphärischer Entladungen dar. Die kalten Plasmaentladungen können in Mikrofluidik-Produkten gezündet werden und so die Oberflächen gezielt verändern oder beschichten [Koge2001], [Eich2005].

Der grundlegende Gedanke der Zündung von Mikroplasmen in Mikrofluidik-Produkten ist in der Abbildung 2 schematisch dargestellt. Die an der Oberfläche der Mikrostruktur angelegten Elektroden werden mit Mittelfrequenz-Wechselspannung betrieben. Die Feldstärke, die sich zwischen den Elektroden ausbildet, führt zur Zündung einer DBD in dem Kanal. Das Material der Struktur fungiert hier als eine dielektrische Barriere. Das durch den Kanal strömende Reaktivgas (Präkursor) führt bei Kontakt mit der Kanaloberfläche zur Modifizierung derselben.

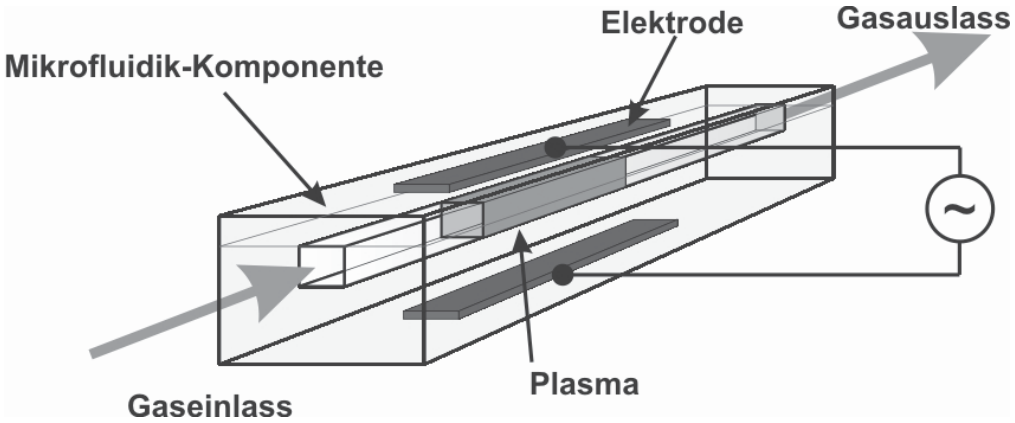

Abbildung 2: Behandlung eines geschlossenen Kanals in einem Mikrofluidik-Produkt mittels Barrierenentladung bei atmosphärischem Druck; schematische Darstellung

Im Gegensatz zu nasschemischen Methoden wirken die Plasmaverfahren nur auf die oberen Atomschichten der Kunststoffoberfläche ein und verändern dabei die Grundeigenschaften des Kunststoffes nicht. So bieten die Plasmaverfahren eine Vielfalt an möglichen Wirkungen auf die Oberfläche, was in der Abbildung 3 schematisch dargestellt ist. Die Oberflächen können mittels Plasma gereinigt,

aktiviert, beschichtet oder funktionalisiert werden. Dabei ist es denkbar, neue, bzw. bis jetzt nur schwer erreichbare Eigenschaften der Kanaloberflächen zu erzeugen und das Einsatzspektrum der Strukturen zu erweitern. Eine Anwendung von Plasmaentladungen im Bereich der Mikrofluidik ist es, Bereiche gezielt zu funktionalisieren, wodurch eine Steuerung der Fluida ermöglicht werden kann. Beispielsweise können die komplex strukturierten Kanäle auf der ganzen Länge gleichmäßig hydrophilisiert werden, so dass die Testflüssigkeiten durch den Kanal, ohne Einsatz der zusätzlichen Pumpen nur mit Hilfe von Kapillarkräften gefördert werden (Selbstbefüllung). Als Gegensatz kann die Kanaloberfläche lokal hydrophobisiert werden, um den Fluss der Testflüssigkeit an einer Stelle der Kapillare zu verhindern (so genanter hydrophober Stopp).

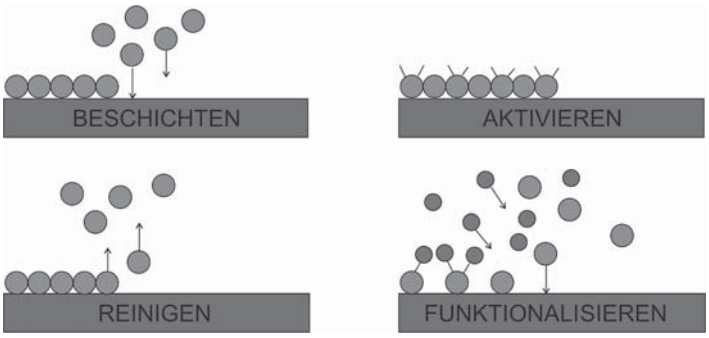

Abbildung 3: Mögliche Behandlungseffekte des Atmosphärendruck-Plasmas auf die Strukturoberfläche [Info2003]

Diese Arbeit stellt die Ergebnisse der Forschungsarbeiten vor, die im Rahmen des interdisziplinären Verbundprojekts: „Innenbehandlung mit Atmosphärendruck-Plasmen - ein innovatives Fertigungsverfahren für Mikrofluidik-Produkte – MikroPlas“ durchgeführt worden sind. Das Projekt wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit gefördert. Im Rahmen dieses Projektes werden die Einsatzmöglichkeiten atmosphärischer Plasmaverfahren zur Behandlung von Mikrostrukturen in dem Bereich der Mikrofluidik erforscht. Ziel dieser Arbeit ist es, grundlegende Erkenntnisse über die Erzeugung und Anwendbarkeit von Plasmaentladungen im Millimeter-/Submillimeterbereich bei Atmosphärendruck in verschiedenen Mikrostrukturen zu gewinnen.