



# ATOMLAGENABSCHIEDUNG IN FLUIDISCHEN SYSTEMEN

Die gleichmäßige Innenbeschichtung von fluidischen Systemen mit nanometerdicken Schichten stellt eine besondere Herausforderung dar. Oft limitiert die Diffusion eine gleichmäßige Abscheidung von Schichten bis in die hintersten Ecken der sehr langen und engen Kanäle. Ziel der Arbeiten am Fraunhofer IST ist es, mittels Atomlagenabscheidung bei Atmosphärendruck atomar kompakte Schichten homogen in komplexen fluidischen Systemen auch bei niedrigen Temperaturen abzuscheiden.

## Die Atomlagenabscheidung (ALD)

Die Atomlagenabscheidung (ALD, Atomic Layer Deposition) ist ein chemischer Gasphasenprozess. Die Merkmale des Prozesses sind zwei aufeinanderfolgende sich selbst begrenzende Oberflächenreaktionen, sodass extrem dünne und defektarme Schichten abgeschieden werden können. Es werden üblicherweise zwei Gase verwendet, die getrennt durch eine Inertgasspülung abwechselnd über die Oberfläche geleitet werden.

Für die Untersuchungen am Fraunhofer IST wurde als Schichtbildner Trimethylaluminium (TMA) verwendet, das beim Überströmen der Oberflächen als Atomlage abgeschieden wird. Überschüssiges TMA wird in einem nachfolgenden Spülschritt entfernt. Mittels wasserdampfhaltigem Inertgas kann die TMA-Schicht anschließend oxidiert werden, sodass sich Aluminiumoxid  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bildet. In einem darauffolgenden weiteren Spülschritt wird der überschüssige Wasserdampf entfernt. Optional beginnt der Prozess nun wieder von vorn und es kann eine weitere Monolage TMA auf der Oberfläche

abgeschieden werden. Auf diese Weise lassen sich durch zyklisches Beschichten und nachfolgendes Oxidieren mit Wasserdampf kompakte, homogene Schichten abscheiden. Bei Standardprozessen wird der Gasaustausch durch die Evakuierung der Prozesskammer und Temperaturen von mehr als 100 °C unterstützt.

## ALD bei Atmosphärendruck

Bei herkömmlichen ALD-Prozessen im Vakuum limitiert die Diffusion durch die Kanalöffnungen in fluidischen Systemen die Schichtabscheidung. Darüber hinaus werden für die Beschichtung von Kunststoff hinreichend niedrige Prozesstemperaturen von weniger als 100 °C benötigt. Am Fraunhofer IST werden daher ALD-Prozesse entwickelt, die sich für fluidische Systeme mit langen Kanälen aus Kunststoff eignen.

Für die Untersuchungen des Fraunhofer IST wurden PVC-Schläuche mit 4 mm Durchmesser direkt mit den zuvor genannten Reaktivgasen durchströmt und mit Inertgas gespült. Die hohe Strömungsgeschwindigkeit in den Kanälen

erlaubt einen schnellen Wechsel zwischen den reaktiven Gasgemischen, sodass die Zykluszeit auf 120 s reduziert werden konnte. Selbst bei einer Prozesstemperatur von 50 °C konnten geschlossene Schichten in den Schläuchen abgeschieden werden (vgl. Abbildung 1). Versuche mit einem kleinen Reaktor zeigten, dass sich bei gleichen Parametern sogar auf Silizium kompakte Schichten abscheiden lassen (vgl. Abbildung 2).

### **Ausblick**

Die homogene, nanometerdicke Innenbeschichtung von fluidischen Kunststoffsystemen ist auch für die Abscheidung von Diffusionsbarrieren von Interesse, da die Oberflächenkontur aufgrund der geringen Schichtdicken erhalten bleibt. Darüber hinaus ergeben sich durch die nahezu beliebigen Längen der zu beschichtenden Kanalsysteme weitere vielfältige Anwendungsmöglichkeiten wie z. B. bei der Innenbeschichtung von Wärmetauschern oder Kühlsystemen.

**1** *Kompakte  $Al_2O_3$ -Schicht in einem PVC-Schlauch nach 250 Zyklen.*

**2** *Bruchkante einer 50 nm dicken  $Al_2O_3$ -Schicht auf Silizium, hergestellt nach 500 Zyklen.*

## **KONTAKT**

*Dr.-Ing. Marko Eichler*

*Telefon +49 531 2155-636*

*marko.eichler@ist.fraunhofer.de*