

## Blutfluss- und druckmessung

Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, wie z. B. Hypertonie oder Arteriosklerose, sind die häufigste Todesursache in den Industrieländern. Eine frühzeitige Diagnose und rechtzeitige Therapie von Hypertonie und Arteriosklerose sind essentiell für die Erhöhung von Lebensqualität und Lebensdauer der betroffenen Patienten. Die Betroffenen (ca. 5 % der deutschen Bevölkerung) brauchen ein engmaschiges und vor allem präzises Monitoring, damit z. B. Herzfehler, Myokardinfarkt oder Nierenversagen als Folgeerkrankungen verhindert werden können. Klassische Methoden (wie z. B. das Riva-Rocci-Verfahren) sind für eine rückwirkungsfreie und dauerhafte Messung nur bedingt geeignet. Davon ausgehend wird am Lehrstuhl für Intelligente Mikrosysteme ein monolithisch integriertes, nanoskaliges Sensorsystem entwickelt, welches eine minimalinvasive, intraarterielle und simultane Messung des Blutdrucks und Blutflusses ermöglicht. Dabei soll ein neuartiger, nanoskaliger Drucksensor mit einem ebenfalls nanoskaligen Fluss-sensor als kombiniertes Sensorsystem entwickelt und charakterisiert werden.

Unser Reinraumlabor bietet die besten Arbeitsbedingungen nicht nur im Hinblick auf die Forschung sondern auch hinsichtlich Ausbildung, Gesundheit und Sicherheit.



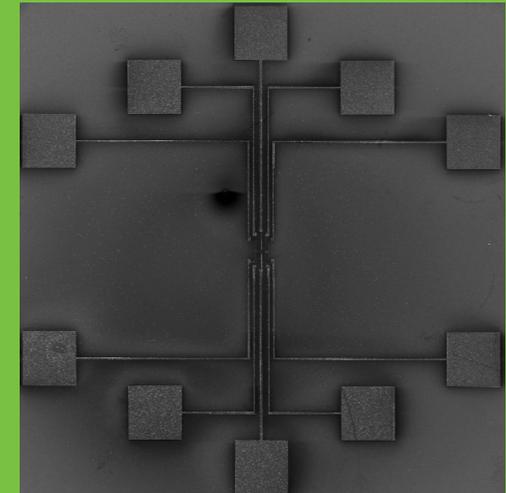
24 Stunden pro Tag, 7 Tage die Woche, 365 Tage im Jahr bietet unser Labor:

- über 120 m<sup>2</sup> Reinraumfläche der Klasse 100 (ISO 5)
- umfangreiches Prozessequipment
- Temperatur:  $21 \pm 0.5$  °C
- Luftfeuchtigkeit:  $45 \pm 2.5$  % ( $r_F$ )
- elektronisch gesteuertes und überwachtes Gasversorgungssystem mit höchster Reinheit.

TU Dortmund  
Lehrstuhl für Intelligente Mikrosysteme  
Emil-Figge-Straße 68  
D-44227 Dortmund  
Tel.: +49-231-7553203  
Fax.: +49-231-7554450  
E-Mail: klaus.kallis@tu-dortmund.de



# Thermal- Time-of-Flight Flusssensor

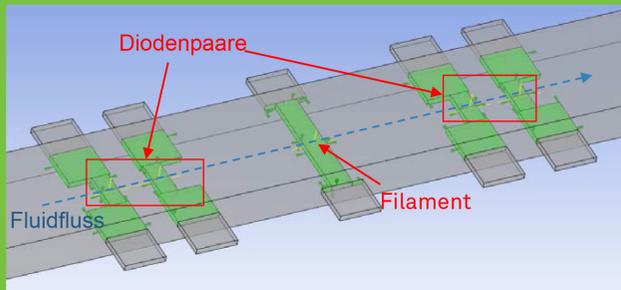


## Technologielinie für Forschung und Entwicklung

Fakultät für  
Elektro- und  
Informationstechnik

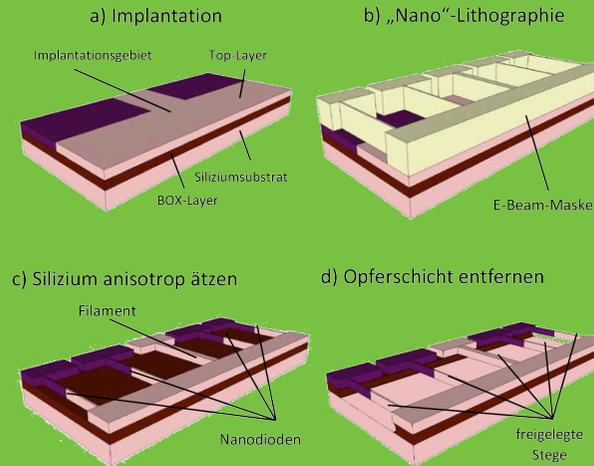
# Funktionsprinzip

Die Messung der Fluidgeschwindigkeit wird mittels des sogenannten Thermal-Time-of-Flight (TToF)-Verfahren realisiert. Wie in der Abbildung des allgemeinen Modells gezeigt, wird dafür eine Anordnung von zwei nanoskaligen Diodenpaaren und einem Filament in der Mitte gewählt. Durch Anlegen eines Spannungs- bzw. Stromimpulses wird zunächst ein Hitzepaket erzeugt, welches aufgrund des umströmenden Fluides weitergetragen wird. Sobald es die erste Nanodiode in Flussrichtung tangiert wird aufgrund der hohen Temperaturempfindlichkeit der Nanodioden eine Änderung in der Kennlinie detektiert. Analog findet dies nach einer gewissen Zeit an der zweiten Diode in Flussrichtung statt. Durch die zeitliche Differenz und die bekannte Strecke kann die Fluidgeschwindigkeit berechnet werden. Dies kann, aufgrund des zweiten Diodenpaares, bidirektional stattfinden.



# Prozessierung

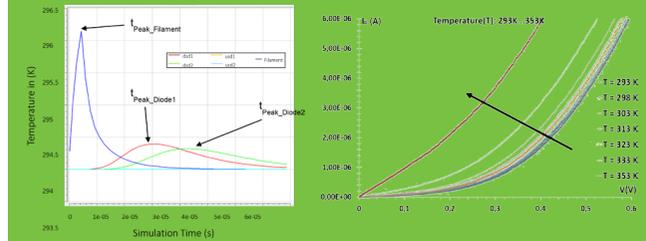
Das 3D-Modell des Herstellungsprozesses zeigt einen freistehenden, nanoskaligen Thermal-Time-of-Flight (TToF) Flusssensor:



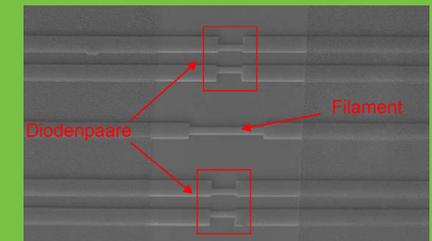
In Abbildung a) werden die Implantationsgebiete nach der Implantation dargestellt. Danach folgt in Abbildung b) das Erstellen der Ätzmaske mittels Elektronenstrahl-lithografie (ESL) und in Abbildung c) die Übertragung der Maske in den Top-Layer. Darauf folgt in d) das Entfernen des vergrabenen Oxides zur Bildung eines Fluidkanals, um ein möglichst gutes Strömungsprofil zu erhalten. In einer weiteren Ausbaustufe wird zusätzlich ein Drucksensor monolithisch integriert.

# Resultate und Ausblick

In der ersten Kennlinie ist das Ergebnis einer Finiten-Volumen (FVM)-Simulation mittels des Tools ANSYS dargestellt. Es stellt das Resultat einer elektro-fluidischen Interaktion dar. Das verwendete Fluid ist Blut bei einer Flussgeschwindigkeit von 0,25 m/s. Die Temperaturerhöhung am Filament und an den Dioden in Flussrichtung ist deutlich sichtbar.



In der zweiten Kennlinie wird die Temperaturabhängigkeit einer Nanodiode gezeigt. Diese beträgt bis zu 2 mV/K. Eine Charakterisierung des Gesamtsensorsystems ist Gegenstand der derzeitigen Forschung.



In der REM-Aufnahme sind die freischwebenden Nanostege mit geätzt Fluidkanal zu erkennen.