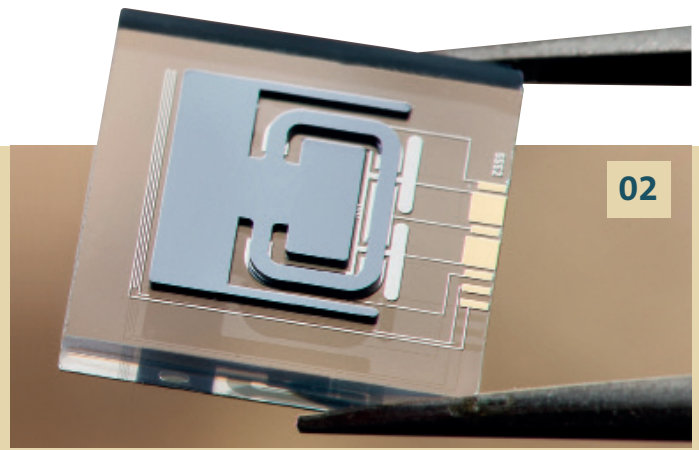
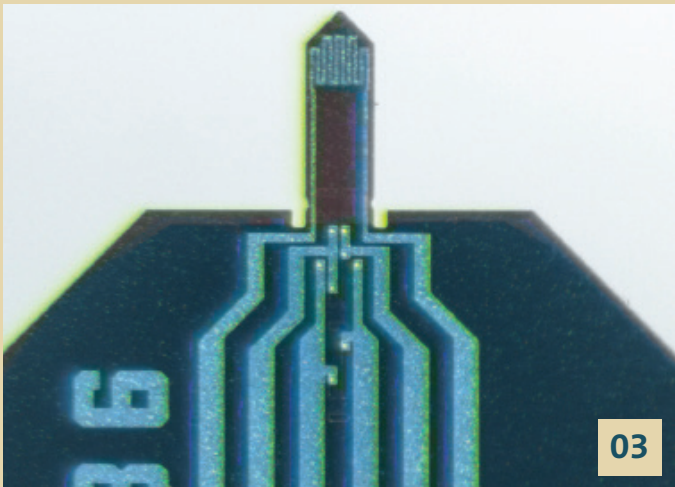


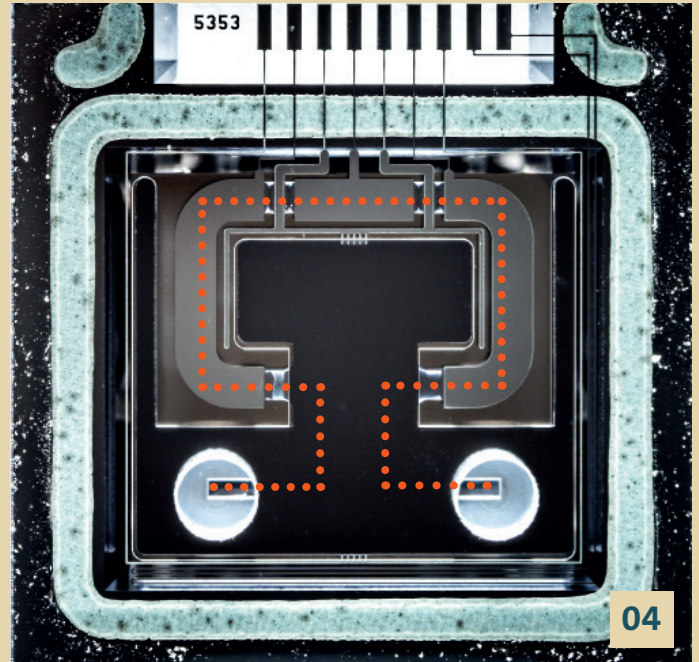
01



02



03



04

Schwingend zum Messwert

Dichte und Viskosität von Flüssigkeiten und Gasen auf Basis vibronischer MEMS-Sensoren bestimmen

In Resonanz schwingende Mikrostrukturen bilden die Grundlage einer neuen Generation Messmodule. Durch Interaktion mit dem Fluid verändern sich zum Beispiel Resonanzfrequenz und Schwingungsgüte der Strukturen, die über physikalische Modelle Aufschluss über Dichte und Viskosität von Gasen und Flüssigkeiten geben. Damit können Prozesse präzise überwacht und eine stabile Qualitätssicherung erreicht werden.

Ganz am Anfang steht die schwingende Mikrostruktur. Je nach Medium und Messaufgabe wird die passende Geometrie ausgewählt. Hierbei kann es sich im einfachsten Fall um eine Biegezeuge, ähnlich einem Sprungbrett im Schwimmbad, handeln oder um einen aufwendigen freistehenden Kanal. Die verschiedenen Bauformen, die bei Truedyne Sensors zum Einsatz kommen, werden in den **Bildern 01 + 02** gezeigt.

Der Messeffekt entsteht in allen Bauformen durch die Interaktion der Mikrostruktur mit dem Fluid (Gase und Flüssigkeiten). Eine Vielzahl von atomaren Effekten spielt bei dieser Wechselwirkung eine wichtige Rolle. Zu ihnen gehören die Besetzung der Flächen durch quasistationäre Moleküle, die bei der Schwingung mitbewegt werden müssen und dadurch mit ihrer Masse zum Gewicht des Schwingers beitragen, wie auch die Wechselwirkung der freien Fluidmole-

küle untereinander. Diese Wechselwirkung ist als Viskosität bekannt. Durch eine schwache Anziehung der Moleküle untereinander muss bei der Bewegung des Schwingers durch diesen Hafteffekt eine sehr große Anzahl von Molekülen mitbewegt werden. Je dichter und hochviskoser das Medium ist, desto stärker ändern sich die Resonanzfrequenz und die Schwingungsgüte. Physikalische Modelle wie von Sader oder Blom helfen dabei, Schwingungseigenschaften, Umgebungsbedingungen wie Druck und Temperatur sowie Fluideigenschaften miteinander zu verknüpfen. Daraus kann die Dichte und Viskosität des Fluids bestimmt werden.

Patrick Reith, R&D Project Manager MEMS bei der TrueDyne Sensors AG in CH-Reinach

01 Die Biegezone ähnelt einem Sprungbrett im Schwimmbad

02 Der freistehende Kanal aus Silizium ist auf einem Glassubstrat montiert

03 Aufsicht auf den Cantilever

04 Der Omega-Chip von unten betrachtet: Durch die beiden Löcher gelangt das Fluid in den omegaförmigen Kanal, der dem Chip seinen Namen gibt

Cantilever und Omega-Chip im Vergleich

Je nach Kundenwunsch können in einem nächsten Schritt weitere Größen wie z. B. Mischungsverhältnisse, Brennwert oder der Zuckergehalt abgeleitet werden. Die eigens dafür entwickelten und patentierten Modelle sind Teil der Truedyne Sensors Kernkompetenz. Die **Bilder 03 + 04** zeigen zwei der eingesetzten Chips. Sie werden mit Verfahren der Mikrosystemtechnik in Reinräumen hergestellt und verfügen über funktionale Strukturen in der Größenordnung von Mikrometern.

Der Cantilever wird vom Messmedium umströmt. Durch seine geringe Dicke von 6 µm und seiner vergleichsweise großen Fläche (300 × 100 µm) ist seine Sensitivität besonders hoch. Die Anregung erfolgt durch Lorentzkraft unter Zuhilfenahme eines Wechselstroms und eines Permanentmagnets. Detektiert wird die Bewegung durch piezoresistive Widerstände, die als Dehnmessstreifen fungieren. Durch den offenen Aufbau und seine geringe Güte (aber sehr hohe Sensitivität) eignet sich dieser Chip nur für den Einsatz mit Gasen. Die vergleichsweise hohe Viskosität von Flüssigkeiten würde zu einer Überdämpfung der Schwingung und damit zum Verlust des Messsignals führen.

Komplexer im Aufbau ist der Omega-Chip, der für die Messung von Flüssigkeiten und Gasen bei höheren Drücken genutzt wird. Durch die beiden Löcher auf der Unterseite des Chips gelangt das Fluid in den freistehenden und schwingenden omegaförmigen Kanal. Die Anregung und Auslösung der Schwingung erfolgt elektrostatisch

respektive kapazitiv. Da das Messrohr sehr steif ist und das Fluid nur auf der Innenseite mit ihm wechselwirkt, fällt auch der Messeffekt kleiner aus als mit dem Cantilever. Durch die sehr hohe Schwingungsgüte eignet sich dieser Chip wiederum optimal für die Vermessung von Flüssigkeiten und Gasen bei höheren Drücken. Da sich die Dichte von Flüssigkeiten sehr stark mit der Temperatur ändert, verfügt der Chip über einen On-board-Temperatursensor.

Stabile Qualitätsüberwachung sicherstellen

Die erreichte Genauigkeit der beiden Chips bezogen auf die Dichtemessung zeigt: Während der Omega-Chip bei Flüssigkeiten (Dichte > 600 kg/m³) und Gasen bei höheren Drücken (Dichte > 5 kg/m³) einen sehr geringen Messfehler von < 0,5 kg/m³ zeigt, sind die Gase um Raumdruck herum das Metier des Cantilever. Sein Messfehler liegt hier bei < 1 kg/m³ und in der Viskositätsmessung bei < 2 Prozent.

Diese hohen Genauigkeiten sind notwendig, da sich in vielen Prozessen und Anwendungen die Medien nur geringfügig ändern, diese Änderung jedoch sehr große Auswirkungen auf den Prozess und das Endprodukt hat. Daher arbeitet Truedyne Sensors schon sehr frühzeitig in der Entwicklungsphase mit den Kunden zusammen, um deren Bedürfnisse zu verstehen, Lösungsmöglichkeiten anbieten und früh mit dem Kunden zusammen testen zu können. Dieser Aufwand lohnt sich, da eine Prozessüberwachung mittels Dichte- und Viskositätsmessung über Jahre hinweg eine stabile Qualitätsüberwachung sicherstellen kann – ohne Rekalibrierung oder Wartungsaufwand.

In Zukunft sollen weitere Sensoren in die Geräte integriert werden, um durch Multi Parameter Quality Measurement (MPQM) eine Änderung der Fluidzusammensetzung noch präziser detektieren und damit Prozesse sicherer und stabiler machen zu können.

Fotos: 02 Bernd Müller für Hahn-Schickard, sonstige TrueDyne Sensors

www.truedyne.com

