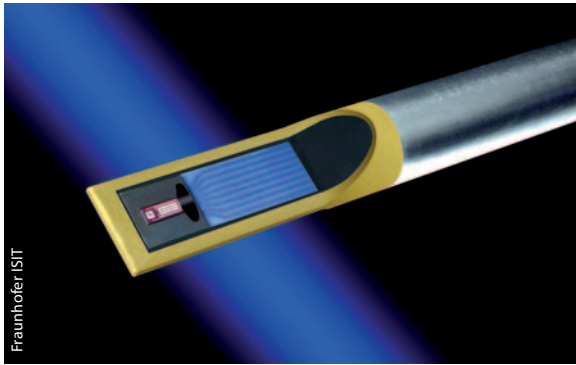


■ Leck ade

Ein Sensor spürt undichte Wasser-versorgungsleitungen auf.

Ein nennenswerter Teil des Frischwassers kommt nicht bei den Verbrauchern an, sondern versickert wegen schadhafter Leitungen im Boden. Bei älteren Leitungen sind



Der Sensor, mit dem sich Lecks in Wasserleitungen aufspüren lassen, steckt in einer Edelstahlröhre.

20 bis 40 Prozent Verlust nicht ungewöhnlich. Es gibt zwar Flussensoren, mit denen sich Lecks aufspüren lassen, allerdings liegen ihre Kosten im drei- bis vierstelligen Bereich. Damit sind sie zu teuer, um sie flächendeckend einzusetzen. Forscher des Fraunhofer-Instituts für Siliziumtechnologie (ISIT) in Itzehoe haben zusammen mit der österreichischen Firma Sensordynamics eine günstige Alternative gefunden.

Als Ausgangspunkt diente ein am ISIT entwickelter Luftmassensensor (2,7 mal 7,8 mm² groß), der in Automotoren die angesaugte Luftmenge misst. Herzstück des Sensors sind zwei Heizdrähte, die hintereinander auf einer dünnen Membran aus Siliziumverbindungen angebracht sind. Die Membran sorgt für mechanische Stabilität und besitzt gleichzeitig eine vernachlässigbare träge Masse – sie entkoppelt damit die Drähte thermisch vom Chiprahmen. Die Auslese-Elektronik und eine Schnittstelle zur Datenübertragung stecken in einem Edelstahlrohr.

Ein elektrischer Strom, der durch die Drähte fließt, erwärmt sie auf eine konstante Temperatur. Strömt kälteres Wasser an ihnen vorbei, gibt der vordere Draht mehr Wärme ab als der hintere, da das Wasser dann bereits vorgewärmt ist, wenn es den zweiten

Draht erreicht. Durch den vorderen Draht muss also ein höherer Strom fließen, um die Temperatur konstant zu halten. Aus der Stromstärke lassen sich Geschwindigkeit und Volumen des Wassers berechnen, das durch die Leitung strömt. Auch die Richtung lässt sich ableiten.

Der Zusammenhang zwischen den Größen ist aufgrund von Wärmeleitung und Konvektion nicht linear. Bis zu einer Strömungsgeschwindigkeit von 230 cm/s misst der Sensor den Volumenstrom jedoch mit einer Auflösung von etwa einem Prozent. Kommerzielle Produkte erreichen zwar eine teils doppelt so hohe Auflösung, sind aber um einen Faktor 10 teurer. Der Wasserversorgungsverband Pisa testet derzeit 70 Exemplare des Prototyps in seinen Leitungen.

■ Sensibler Fühler

Eine Miniaturdampfzelle bildet das Herzstück eines empfindlichen Magnetometers.

Die Messung schwacher Magnetfelder spielt in vielen Bereichen eine wichtige Rolle, etwa in der Medizin bei der nicht-invasiven Bestimmung von Herz- und Gehirnströmen. Neben einer hohen Empfindlichkeit stehen dabei weniger aufwändige Messgeräte auf der Wunschliste der Nutzer. Wissenschaftler des US-amerikanischen National Institute of Standards and Technology (NIST) um den Physiker John Kitching haben nun das Labormuster eines Sensors entwickelt, der Magnetfelder sogar unterhalb von 70 fT nachweisen kann.¹⁾ Selbst 10 fT halten die Forscher aufgrund ihrer Berechnungen für möglich. Das Magnetometer besticht dabei durch seinen einfachen Aufbau und geringen Energiebedarf.

Die Entwicklung der NIST-Wissenschaftler besteht aus einer nur 6 mm³ kleinen Miniaturdampfzelle, die gasförmiges Rubidium enthält. Mithilfe durchsichtiger Widerstandsheizfolien lässt sich das Alkalimetall in der Zelle auf rund 150 °C erwärmen. Alle acht Sekunden schalten die Forscher

den Strom durch die Heizfolien ab, damit dessen statisches Magnetfeld die Messung nicht stört. Durch den zirkular polarisierten Strahl einer Laserdiode richten sich die Spins der Rubidiumatome so aus, dass sie das Licht nicht absorbieren. Wirkt dagegen ein äußeres Magnetfeld auf sie ein, stört dies die Ausrichtung der Spins und ein hinter der Dampfzelle liegender Detektor misst eine geringere Lichtintensität. Die absorbierte Lichtmenge hängt dabei von der Stärke des Magnetfeldes ab.

Kitching und seine Kollegen folgern aus ihren Messungen und Berechnungen, dass diese Methode Magnetometer möglich macht, die beispielsweise mit weniger als 10 mW Heizleistung eine Empfindlichkeit von 10 fT Hz^{-1/2} erreichen. Batteriebetriebenen Sensoren stünde damit nichts mehr im Wege. Sogar ein Betrieb bei noch geringeren Heizleistungen sei bei entsprechend emissionsarmen Beschichtungen der Gehäusewände möglich.

■ Detektion von Minitropfen

Mit einem kapazitiven Verfahren lassen sich mikrofluidische Tröpfchen in Echtzeit sortieren.

Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Umfeld der Biotechnologie und Medizintechnik sind daran interessiert, kleinste Flüssigkeitsmengen im Bereich von Nano- bis Pikolitern kontrolliert zu manipulieren. Auch beim Prinzip des Lab-on-a-chip ist man auf sehr genaue Tröpfchengrößen angewiesen. Bislang dienen meistens optische Verfahren dazu, die Qualität der Tröpfchen zu kontrollieren. Wissenschaftler der Hong Kong University of Science and Technology um den Physiker Ping Sheng nutzen dagegen ein kapazitives Verfahren. Mit ihrem nun vorgestellten Labormuster können sie Größe, Form und Zusammensetzung mikrofluidischer Tröpfchen erfassen und diese auch sortieren.²⁾

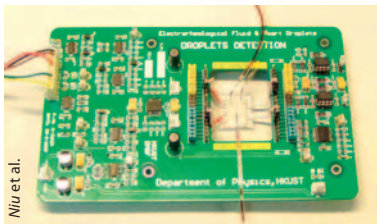
Die Physiker fertigten dazu mit lithografischen Methoden einen Chip, der eine Flussröhre enthält,

1) Vishal Shah et al., Nature Photonics 1, 649 (2007)

2) Xize Niu et al., Biomicrofluidics 1, 044101 (2007)

zu der senkrecht drei Elektrodenpaare angebracht sind. Diesen Chip haben sie auf eine Platine montiert, auf der die Steuerung für die Detektion der Tröpfchen untergebracht ist. Dabei dient Wasser als Trägermedium für die Tröpfchen.

Ein Tröpfchen lässt sich über die Änderung der Feldstärke nachweisen, während es zwischen den Enden einer Elektrode hindurchwandert. Seine Dielektrizitätszahl – und damit seine chemische Zusammensetzung – wirkt sich auf die Amplitude des Signals aus. Die Form der



Auf der Platine mit der Steuerelektronik sitzt der Chip, der die Tröpfchen detektiert.

Tröpfchen wiederum beeinflusst das Profil des resultierenden Signals, und ihre Größe ergibt sich aus der Zeit, die sie für das Durchwandern der Elektrodenstrecke benötigen. Sheng und seine Kollegen nutzen den Chip auch zum Sortieren: Dazu werden die elektrisch aufgeladenen Tröpfchen gleicher Dielektrizitätszahl über einen Regelkreis mithilfe eines elektrischen Feldes in eine der beiden Richtungen abgelenkt. Dies geschieht am dritten Elektrodenpaar, das an einer Verzweigung der Flussröhre liegt.

Die Betriebsfrequenz des Sortierers kann bis zu 10 kHz erreichen, was konventionelle optische Sortierverfahren nur schwerlich schaffen. Und: Diese Methode würde erstmals die in-situ-Detektion mit mobilen Chiplabors ermöglichen.

■ Billigerer Abstandshalter

Ein neuer Chip macht die Erkennung von Hindernissen durch Assistenzsysteme billiger.

Bei der Entwicklung künftiger Fahrerassistenzsysteme ist die Überwachung des Fahrzeugumfelds

besonders wichtig. Mittels Radarsensoren lässt sich eine Schutzzone um das Auto einrichten, damit ein Assistenzsystem vor Hindernissen warnen kann. Diese Radarsysteme kosten heute allerdings noch weit über 1000 Euro, sodass sie auf Oberklassemodelle beschränkt bleiben. Ein neuer Radar-IC, den Infineon entwickelt hat, könnte dies ändern.

Bei dem nur sieben Quadratmillimeter großen Chip handelt es sich um den Hochfrequenzteil eines Radarsystems: Oszillator, Verstärker und vier Mischer für mehrere Antennen bilden die Funktionsblöcke des Schaltkreises. Er arbeitet mit einer Radarfrequenz von 76 bis 77 GHz, ist in Silizium-Germanium-Technologie gefertigt und lässt sich auf einer konventionellen CMOS-Linie produzieren, die an einer Stelle um den zusätzlichen Germanium-Prozessschritt erweitert wird. Bei der bislang für Radarchips üblichen Gallium-Arsenid-Technologie tun sich dagegen die Hersteller aufgrund technischer Probleme schwer, die Schaltkreise kostengünstig weiter zu miniaturisieren, da für die optimale Leistung unterschiedliche GaAs-Technologien für die verschiedenen Bereiche des Chips erforderlich sind. Auch Testbereiche auf dem Chip – unerlässlich in der heutigen IC-Entwicklung – lassen sich bei GaAs nur sehr beschränkt unterbringen.

Die in SiGe-Technologie gefertigten Transistoren des Chips erreichen eine maximale Schaltfrequenz von 300 GHz. Der Chip vereint mehrere Funktionen in einem Baustein, während in marktüblichen Produkten hierfür noch sechs bis sieben diskrete Elemente erforderlich sind. Der Platzbedarf im Bereich des Kühlergrills, wo das Radarsystem eingebaut wird, sinkt dadurch auf bis zu ein Viertel und die Systemkosten für das Hochfrequenzmodul um mehr als 20 Prozent. Derzeit liefert Infineon Muster des RASIC getauften Chips an Systemhersteller, die Produktion soll Mitte 2009 anlaufen.

Michael Vogel