

MEMS-Sensor misst die volumetrische spezifische Wärme von Gasen innerhalb von Millisekunden

Ulf Hammerschmidt

Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig

Die PTB hat in Zusammenarbeit mit einem Messgeräte-Hersteller und einer Fachhochschule einen thermoelektrischen MEMS (MicroElectroMechanicalSystem)-Sensor entwickelt und hergestellt. Er misst die Wärmeleitfähigkeit, λ , die Temperaturleitfähigkeit, a , und die volumetrische spezifische Wärme (ρc_p) von weniger als 1 ml Gas innerhalb von 5 ms, 2 ms bzw. 0,5 ms. Die Größe $(\rho c_p) = \lambda/a$ lässt sich sowohl als Quotient der beiden genannten Transportparameter, als auch im direkten Verfahren bestimmen. Die Messunsicherheiten betragen $\Delta\lambda/\lambda \leq 2\%$, $\Delta a/a \leq 3\%$ bzw.

$$\Delta(\rho c_p)/(\rho c_p) \leq 4\%$$

Der Silizium-Mikrochip enthält einen 2000 μm langen und 300 μm tiefen Kanal der von 13 parallelen, freitragenden Stegen überspannt wird. Der zentrale Steg dient als Joulesche Wärmequelle. An seinen beiden Seiten befinden sich jeweils sechs weitere Stege in unterschiedlichen Abständen von $\pm 50 \mu\text{m}$ bis $\pm 500 \mu\text{m}$. Sie arbeiten als Widerstandsthermometer.

Die Wärmeleitfähigkeit wird nach dem quasi-steady-state (QSS-) Verfahren [1] bestimmt. Hierzu gibt die Quelle einen konstanten Wärmestrom ab, der sich im Gas über die kaskadierten Thermometer hinweg ausbreitet. Letztere zeichnen das resultierende orts- und zeitabhängige Temperaturfeld auf. Die Messgröße folgt redundant aus den Temperaturdifferenzen jeweils zweier Thermometer.

Die Temperaturleitfähigkeit wird nach einem „Flugzeit-Verfahren“ bestimmt: Von der Quelle kommend, läuft ein 100- μs -Wärme-Impuls gleichzeitig über beide Reihen von Thermometern. Aus den individuellen Laufzeiten errechnet sich, wiederum redundant, die Messgröße.

Das direkte Maß für die volumetrische spezifische Wärme ist die ortsabhängige Höhe des genannten 100- μs -Impulses, auch redundant gemessen mit allen zwölf Thermometern.

[1] U. Hammerschmidt, A Quasi-Steady State Technique to Measure the Thermal Conductivity, Int. J. Thermophys. **24**:1291 (2003).