

Präparation von Mikrotemperatursensoren zur Messung von Temperaturfluktuationen in der Turbulenz

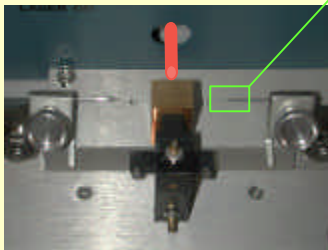
Marco Munzel¹, Joachim Peinke¹, Achim Kittel¹

Kurzfassung:

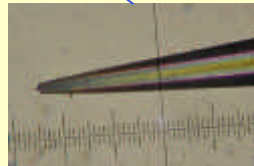
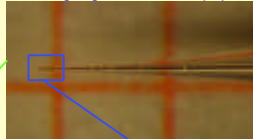
Der Einsatz von Mikrotemperatursensoren in bildgebenden Analysemethoden wie der Rasterkraft- und Rastertunnelmikroskopie (STM) erweitert die Anwendungen für diese Verfahren stetig. Diese Temperatursensoren auf Basis des thermoelektrischen Effekts können darüberhinaus in der Hydrodynamik als Ergänzung zu der dort bestehenden Meßtechnik mit Heizdrähten für Geschwindigkeitsfelder eingesetzt werden. Temperatur als passiver Skalar in turbulenten Strömungen kann mit diesen Sensoren sowohl in gasförmigen als auch flüssigen Medien mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung gemessen werden.

Präparation der Thermosensoren: Mikropipetten

Die Thermosensoren in Form von STM-tauglichen Spitzen werden mit einem Mikropipetten-Ziehgerät aus der Mikrobiologie hergestellt. Ausgehend von 1mm starken Quarzkapillaren wird damit ein 25µm Golddraht durch einen IR-Laser eingeschmolzen und auf 1µm gedünnt.

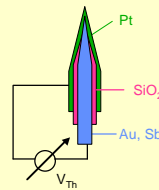


Quarzs Spitze mit Au-Draht nach dem Ziehvorgang auf Millimeterpapier liegend



An der Spitze ist der Au-Draht freistehend. Der kleinste Skalenteil entspricht 1µm.

Aufbau der Sensoren



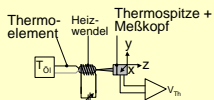
Der prinzipielle Aufbau des Sensors besteht aus einer Innenelektrode aus Gold oder Antimon, die bis auf den circa 1µm Spitzenbereich durch eine Quarzglasschicht von der Außenelektrode aus Platin elektrisch isoliert wird.

Das linke Photo zeigt einen Antimon-Platin-Sensor. Zu erkennen ist der Antimoninnenteil und die Quarz-Isolierung. Die Dicke der Platinschicht beträgt nur 75nm.

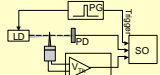


Die insgesamt Größe des Sensors kann noch weiter reduziert werden. Mit Quarzglas als Trägermaterial wird eine große mechanische Stabilität erreicht.

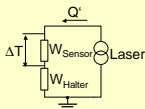
Charakterisierung



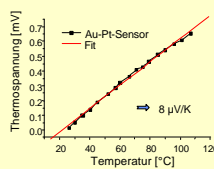
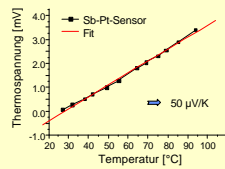
Aufbau zur Messung der Thermokraft. Der Thermosensor mit Positioniereinheit taucht in einen Tropfen Öl in der Heizwendel und wird gegen einen Ni-Cr-Ni-Thermoelement kalibriert.



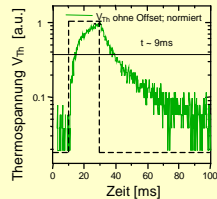
Aufbau zur Relaxationszeitbestimmung der Thermospitze mittels einer vom Pulsgenerator (PG) gechopperten Laserdiode (LD). Die verstärkte (SR560) Thermospannung gelangt mit dem Signal der Photodiode (PD) zum Speicheroszilloskop (SO).



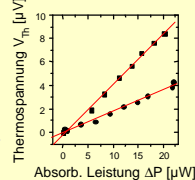
Ersatzschaltbild zur Bestimmung des Wärmewiderstandes W_{Sensor} . Eine Laserdiode verursacht den Wärmestrom Q' durch den Sensor und dessen Halterung. Der Temperaturunterschied ΔT nimmt linear mit dem Widerstand W_{Sensor} zu. Im rechten Diagramm ist die Änderung der Thermospannung V_{Th} als Funktion der in der Sensorspitze absorbierten Leistung ΔP für zwei verschiedene Spitzen dargestellt.



Die Verwendung von Antimon an Stelle von Gold eines konventionellen Sensors erhöht die Thermospannung deutlich.

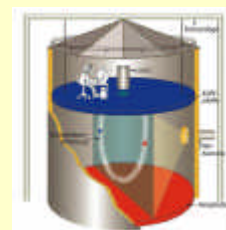


Im linken Diagramm ist die Transiente der Thermospannung (grün) und der zeitliche Verlauf der Laseranregung (gestrichelte Linie) für einen Platin-Gold-Sensor als normiertes Signal nach einer Mittelung über 128 Anregungspulse dargestellt. Die charakteristische Abklingzeit ergibt sich daraus zu 9ms.

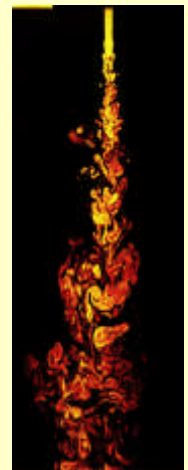


Anwendungsmöglichkeiten

Die Thermosensoren können neben der Raster-Thermographie (SThM) vor allem in Konvektionsexperimenten wie dem einmaligen Ilmenauer Faß eingesetzt werden. Außerdem lassen sich hiermit Temperaturverteilungen in turbulenten Freistrahlen und Nachlaufströmungs-Experimenten mit hoher Zeit- und Ortsauflösung vermessen.



Rayleigh-Bénard-Strömung im Ilmenauer Faß



Freistrah von Luft in Luft

Zusammenfassung:

Die entwickelten Sensoren können sowohl im Bereich der Rastersondenmikroskopie als auch in Experimenten der Hydrodynamik eingesetzt werden. Die Variation der Sensormaterialien ermöglicht eine Steigerung der Thermokraft um den Faktor 6 relativ zu einem Standard-Pt-Au-Sensor. Eine weitere Steigerung wird durch den Einsatz von Halbleitern wie Silizium oder Germanium angestrebt.

¹Universität Oldenburg, Fachbereich Physik, Abteilung Energie- und Halbleiterforschung, 26111 Oldenburg
e-mail: marco@ehf.uni-oldenburg.de

