

Miniaturisierte US-Sensoren zur Hochfeuchtebestimmung über 200°C

Schwerpunkt: A10 Sensoren für Hochtemperaturanwendungen

Autoren: Th. Frank, M. Kermann, Th. Klein, A. Letsch, A. Grün, Th. Ortlepp
Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH, Konrad-Zuse-Straße 14, D-99099 Erfurt,
tfrank@cismst.de, Telefon: 0361 6631486, Fax: 0361 6631413

Ultraschall kann sich in Longitudinal sowie auch Transversalwellen ausbreiten. In Gasen und Flüssigkeiten breitet sich Ultraschall nur in Longitudinalwellen aus. Damit der Ultraschall von Luft in ein anderes Medium koppeln kann, müssen die Schallwellen sehr dicht an diesem Medium abgestrahlt werden. Ultraschall wird je nach der Materialeigenschaft eines Hindernisses an diesem reflektiert oder absorbiert. In Luft steigt die Dämpfung der Ultraschallwelle proportional mit der Erhöhung der Frequenz. In Flüssigkeiten hingegen breitet sich die Schallwelle bis zu einer bestimmten Intensität dämpfungsarm aus. Aus den physikalischen Eigenschaften des Ultraschalls ergeben sich vielfältige Anwendungsbereiche, sowohl in der Materialbearbeitung, als auch in der Messtechnik, wie z. B. Ultraschallmikroskopie, Entfernungsmessung, Durchflussmessung, Konzentrationsmessung, Dichtemessung und bildgebende Diagnostik. Die wesentlichen Messverfahren basieren auf Laufzeitmessungen. Der Aufbau besteht aus einem Sender und einem Empfänger. Das Funktionsprinzip der hauptsächlich eingesetzten elektroakustischen Wandler basiert auf piezoelektrischen Volumenschwingern. Diese werden in der sogenannten Dickenresonanz betrieben.

Die Schallgeschwindigkeit ist eine Materialeigenschaft. Daher kann sie zur Analyse von Zweistoffsystemen verwendet werden. Dieses Verfahren ist besonders prädestiniert zur Messung der Hochfeuchte bei hoher Temperatur, Temperaturen über 200°C. Die Schallgeschwindigkeit in Wasserdampf ca. 25 % größer ist als in trockener Luft. Zum Beispiel bei Trocknungsprozessen muss die Luftfeuchte vielfach bei Temperaturen weit über 100 °C und bei hohen relativer Feuchtigkeit gemessen werden. Die Schallgeschwindigkeit in Luft-Wasserdampfgemischen liegt dann zwischen diesen Werten. Über diese Beziehung lassen sich Konzentrationen von Zweistoffsystem, insbesondere bei hohen Temperaturen bestimmen. Für eine Miniaturisierung ist eine hohe Frequenz erforderlich, Ultraschall ist vorteilhaft. Für die Auflösung ist die Ultraschallfrequenz die bestimmende Größe. Dies ist gegenwertig die Motivation für die Entwicklung miniaturisierter Ultraschallwandler und Empfänger. Für hochauflösende Messungen sind Frequenzen im Bereich von 400 kHz oder höher erforderlich. Trotz ihrer Nachteile, wie Impedanzfehlanspassungen und Frequenzbereichsbeschränkungen, dominieren seit Jahrzehnten traditionelle piezoelektrische Wandler die Ultraschallbildgebung und Messtechnik. Das zurzeit bevorzugt eingesetzte Material ist das Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) zur Ultraschallerzeugung. Das PZT besitzt hervorragende piezoelektrische Eigenschaften, ist aber leider nicht konform mit der Bleifreirichtlinie und ist nicht geeignet für einen CMOS-kompatiblen Waferprozess.

Vorgestellt wird ein elektrostatischer Aktors zur Ultraschallgenerierung gekoppelt mit einem piezoresistiven Detektor als Basis für verschieden ultraschallbasierte Sensorsysteme. Als Herstellungstechnologie soll nicht die Oberflächenmikromechanik zum Einsatz kommen, sondern eine robuste 3D-Technologie. So kann eine sichere Funktion selbst unter harschen Umgebungsbedingungen gesichert werden. Harsche Umgebungsbedingungen sind im vorliegenden Fall der Reihe nach gewichtet:

- Hohe Luftfeuchtigkeit, relevant für Füllstandsmessungen im Behälter
- Aerosol aus Lösungsmitteln und
- erhöhte Temperatur, 150°C bis über 300°C kombiniert mit Hochfeuchte.

In den nachfolgenden Bildern ist der Frequenzgang des Aktors bei einer sinusförmigen Anregung mit 10V und der des Empfängers dargestellt (Bild 1 bis Bild 3).

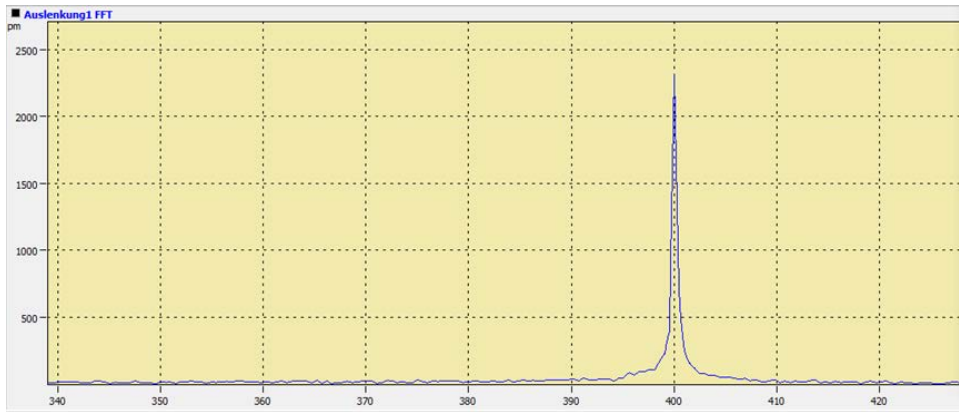


Bild 1: Amplitudengang des Aktors, Anregung 10V sinusförmig, gemessen mit einem Laser-vibrometer, aktive Fläche 1 mm²

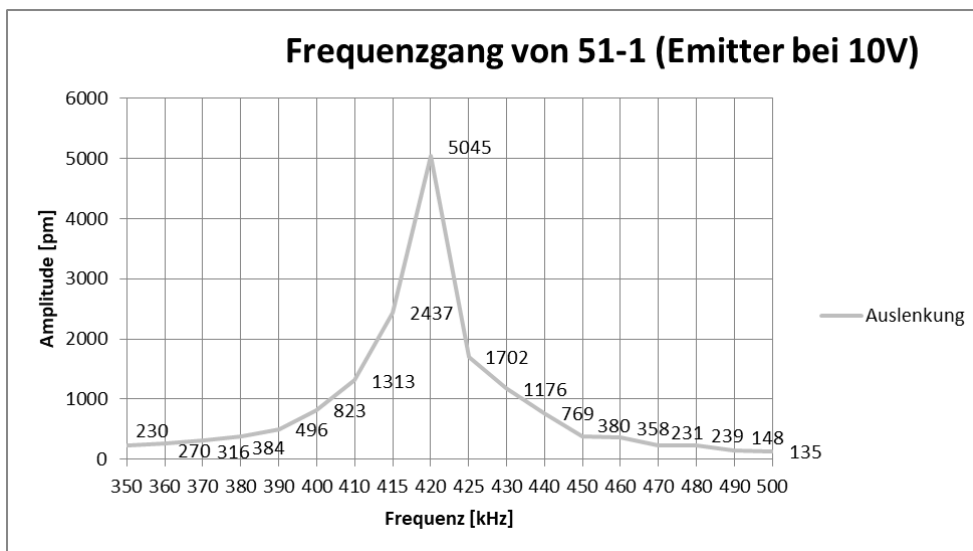


Bild 2: Amplitudengang des Aktors, Anregung 10V sinusförmig, gemessen mit einem Laser-vibrometer

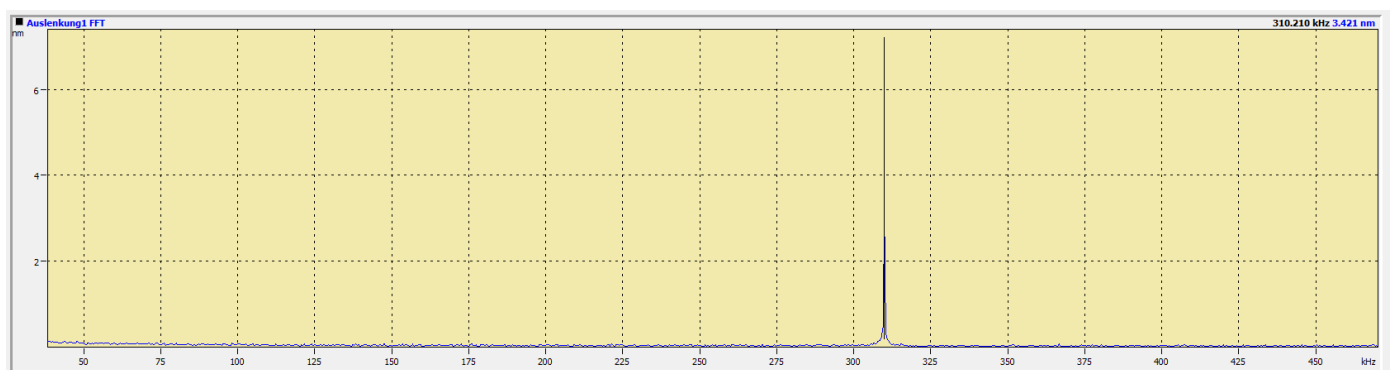


Bild 3: Amplitudengang des Sensors, Anregung: handelsüblicher US-Emitters, gemessen mit einem Laservibrometer, aktive Fläche 1 mm²