DOI 10.5162/sensoren2024/D2.1

Entwicklungsplattform für mikromechanische Ultraschallwandler und deren Transfer in Anwendungen

Sandro G. Koch[1], Björn Betz[1]
[1]Fraunhofer Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Maria-Reiche-Str. 2, 01109 Dresden

Zusammenfassung

Mikromechanischen Ultraschallsensoren (MUT) revolutionieren die Medizin, industrielle Messtechnik und Automatisierungsindustrie. Sie sind nicht nur kleiner und effizienter als konventionelle Sensoren, sondern eröffnen auch bahnbrechende Möglichkeiten in Bereichen wie Wearables, VR/AR und Umweltüberwachung. Trotzdem bremsen Risikoaversion und Informationsdefizite ihren Einsatz in der Industrie, besonders bei KMU. Um diese Barrieren zu überwinden, haben die Fraunhofer-Institute IPMS, ISIT und ENAS eine Entwicklungsplattform für MUTs ins Leben gerufen. Diese Plattform strebt danach, das Wissen und die Technologie rund um MUTs in die Gesellschaft zu tragen und innovative Anwendungen zu ermöglichen. Der Beitrag bietet eine Einführung in das Potential von MUTs und hebt die Entwicklungs- und Transferpotentiale der Plattform für Unternehmen und Bildungsstätten hervor.

Keywords: Industrielle Messtechnik, Medizintechnik, MEMS, Mikrosysteme, Ultraschallsensoren

Einleitung

Ultraschalltechnologie ist in diversen industriellen Sektoren wie der Medizintechnik, Messtechnik und Automatisierung von zentraler Bedeutung. Ihre zerstörungsfreien, strahlungsfreien Methoden, entwickelt über ein Jahrhundert, reichen von Distanzmessungen bis zu komplexen 4D-Bildgebungsverfahren.
Der Medizinsektor treibt die Entwicklungen maßgeblich voran und profitiert von einem breiten Anwendungsspektrum, das von Screenings bei Atemwegserkrankungen über die Diagnostik von Zuständen wie Thrombosen bis hin zu therapeutischen Ansätzen in der Krebstherapie reicht. Dessen Erkenntnisse fördern zudem die Weiterentwicklung anderer Sektoren. Angesichts von Markttrends, die eine ubiquitäre Sensordatenerfassung in Wearables und Sensornetzen und erhöhte Nachhaltigkeit erfordern, stoßen traditionelle Piezokeramiken an ihre Grenzen. Der seit 1994 entwickelte Ansatz mikromechanischer Ultraschallwandler (MUT) bieten Lösungen für Miniaturisierung, Kosteneffizienz, Integration und Materialalternativen [1],[2].
Dieser Beitrag diskutiert die Chancen und Herausforderungen von MUTs und beleuchtet die Transferfunktion der Entwicklungsplattform.

Mikromechanische Ultraschallwandler MUT

MUT sind MEMS-basierte Ultraschallsensoren (MEMS, mikroelektromechanische Systeme). Sie setzen sich aus mikroskopisch kleinen, kapazitiv oder piezoelektrisch angesteuerten Einheitszellen zusammen (Abb. 1), die in Array- und Matrixkonfigurationen auf Chips von Millimeter- bis Zentimetergröße angeordnet sind. Diese Konfiguration ermöglicht nicht nur eine erhebliche Designfreiheit und Miniaturisierung, sondern auch kosteneffiziente Massenproduktion auf Siliziumwafern.
Obwohl technologische Herausforderungen in der MUT-Entwicklung in europäischen Forschungsinstituten (z.B. imec, Fraunhofer-Gesellschaft) und Unternehmen (z.B. Vermon, Philips) gelöst wurden [3], sind am Markt bisher nur wenige MUT-basierte Produkte verfügbar - medizinischen Bildgebung (bspw. Butterfly, Exo, Hitachi), Abstandssensoren (TDK) und Fingerabdrucksensor (Qualcomm). Herausforderungen für eine breitere Anwendung von MUTs in der Praxis sind Informationsdefizite bei Unternehmen, fehlende Reinrauminfrastruktur bzw. Zugang zu MUT-Technologie, hohe Initialinvestitionen und Entwicklungskosten sowie ausbaufähige Kompetenzen in der MUT-Sensorintegration.

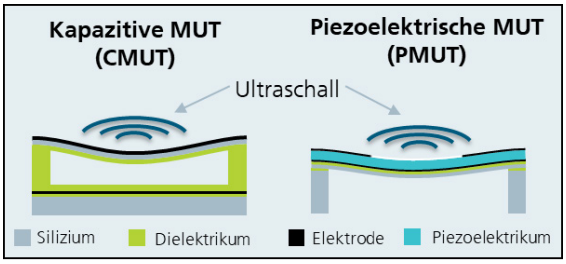

Abb. 1: Schematische Einheitszelle eines kapazitiven/ piezoelektrischen MUT.

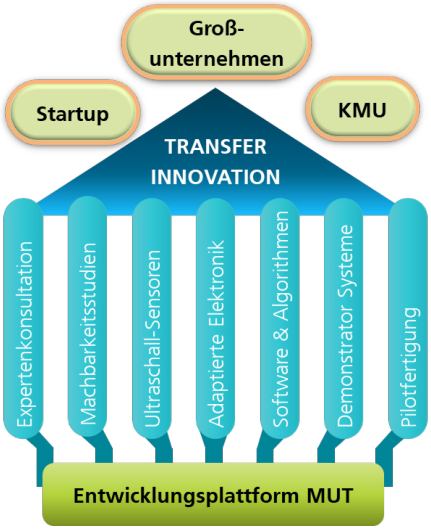

Abb. 2: Transfermaßnahmen der Plattform MUT von der Entwicklung zum Markt.

Entwicklungsplattform

Die Entwicklungsplattform für MUT adressiert die Transferbarrieren, indem sie die umfassenden Kompetenzen und Infrastruktur dreier Fraunhofer-Institute (IPMS, ISIT, ENAS) bündelt und Entwicklungsaufwände reduziert. Diese Zusammenarbeit erstreckt sich entlang der gesamten Wertschöpfungskette – von der Konzeptentwicklung über Ultraschallsensoren und Use-Case-Demonstratoren bis hin zur Pilotproduktion (Abb. 2). Die Plattform bietet Zugang zu Technologien und Sensoren für MUT (40 kHz - 10 MHz), Reinrauminfrastruktur zur Entwicklung, Charakterisierung und Pilotfertigung der Sensoren, sowie Demonstratoren und Evaluierungskits, die eine praxisnahe und eigenständige Bewertung des Potenzials von MUT ermöglichen (Abb. 3). Zusätzlich wird Unterstützung bei der Evaluierung und dem Transfer zu Sensoren und Anwendungen geleistet. In gezielten Workshops und Seminaren werden erfolgreich Informationsdefizite bei Unternehmen und Bildungseinrichtungen überwunden, um Fachkräfte zu inspirieren und Innovationen voranzutreiben. Im Ergebnis senkt die Plattform die Zugangsbarrieren zur MUT-Technologie und fördert den Technologietransfer zu interessierten Partnern (bspw. OtoNexus [6]). Dies stärkt nicht nur deren Wettbewerbsfähigkeit, sondern schafft auch Mehrwert für die Bedürfnisse einer sich wandelnden Gesellschaft (z.B. SDG [7]).

Zusammenfassung

Ultraschalltechnologien spielen eine entscheidende Rolle in einer Vielzahl von Anwendungsbereichen, wobei MUT-basierte

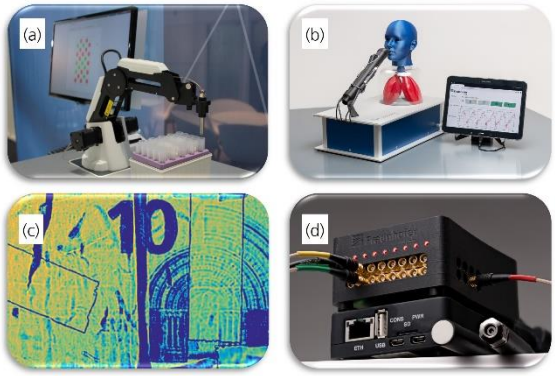

Abb. 3: Use-Case-Demonstration für hoch aufgelöste (a) Abstandsmessung (Robotik, Füllstände) [4], (b) Durchflussmessung (Spirometrie, H_2-Sensorik) [5] und (c) kontaktlose Bildgebung und (d) Evaluierungskits.

Sensoren ein neues Spektrum an Möglichkeiten eröffnet haben. Die Vorteile von MUT, einschließlich Miniaturisierung, erhöhte Präzision und Kostenreduktion, machen diese Technologie zu einem Game-Changer in verschiedenen Branchen, wie beispielsweise in der Medizin und im Konsumgüterbereich. Hier haben erste Produkte drei Jahrzehnte nach der Erfindung von MUT den Markt erreicht. Die MUT-Entwicklungsplattform ermöglicht die entscheidende Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und der Industrie, um die Grenzen des Möglichen zu erweitern und mit MUT-basierten Systeme weitere innovative Anwendungen bereitzustellen.

Danksagung

Gefördert im Rahmen der Internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft, Fördernummern KMU akut 840091 und SME 40-04875. Zusätzlich gefördert durch Mittel des Leistungszentrums „Funktionsintegration für die Mikro-/ Nanoelektronik “.

Literaturnachweis

[1] D. Oussalah, et al., *Ultrasound Sensing 2023 – Market and Technology Trends* (2023)
[2] M.I. Haller, B.T. Khuri-Yakub, *Trans. Ultrason., Ferroelectr., Freq. Control* 43, 1-6 (1996); doi: 10.1109/58.484456
[3] N. Mihajlovic et al., *A European MEMS Ultrasound Benchmark - Scientific White Paper* (2021)
[4] S. G. Koch et al., IEEE Smart Systems Integration 2021 (2021); DOI: 10.1109/SSI52265.2021.9467023
[5] J. M. Monsalve et al., *Journal of Sensors and Sensor Systems* (accepted for publication)
[6] Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik, *Mikroelektronik Nachrichten* 74 (2019)
[7] United Nations, *Social Development Goals*, https://sdgs.un.org/goals