

Reduzierte PFAS in MEMS

Reduzierung von PFAS (PTFE) in Mikrosystemen durch Verwendung einer anderen hydrophoben Alternative (FDTS)

Nicolas Lange, Sören Köble, Marco Kircher

Organisation(en): Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Deutschland

1 Einleitung

Ein grundlegendes Problem von MEMS-Bauelementen, die an der Atmosphäre betrieben werden, ist die Oxidation und Feuchtigkeitsaufnahme der aktiven Strukturen. Um diese zu kontrollieren, ist es gängige Praxis, PTFE (Teflon) als hydrophobe Schicht einzusetzen.

Um umwelttoxische Materialien in mikroelektronischen Prozessen zu reduzieren oder zu ersetzen, wurde exemplarisch untersucht inwieweit im Prozess und Performance der CMUT-Bauelemente das bislang genutzte PTFE gegen FDTS getauscht werden kann.

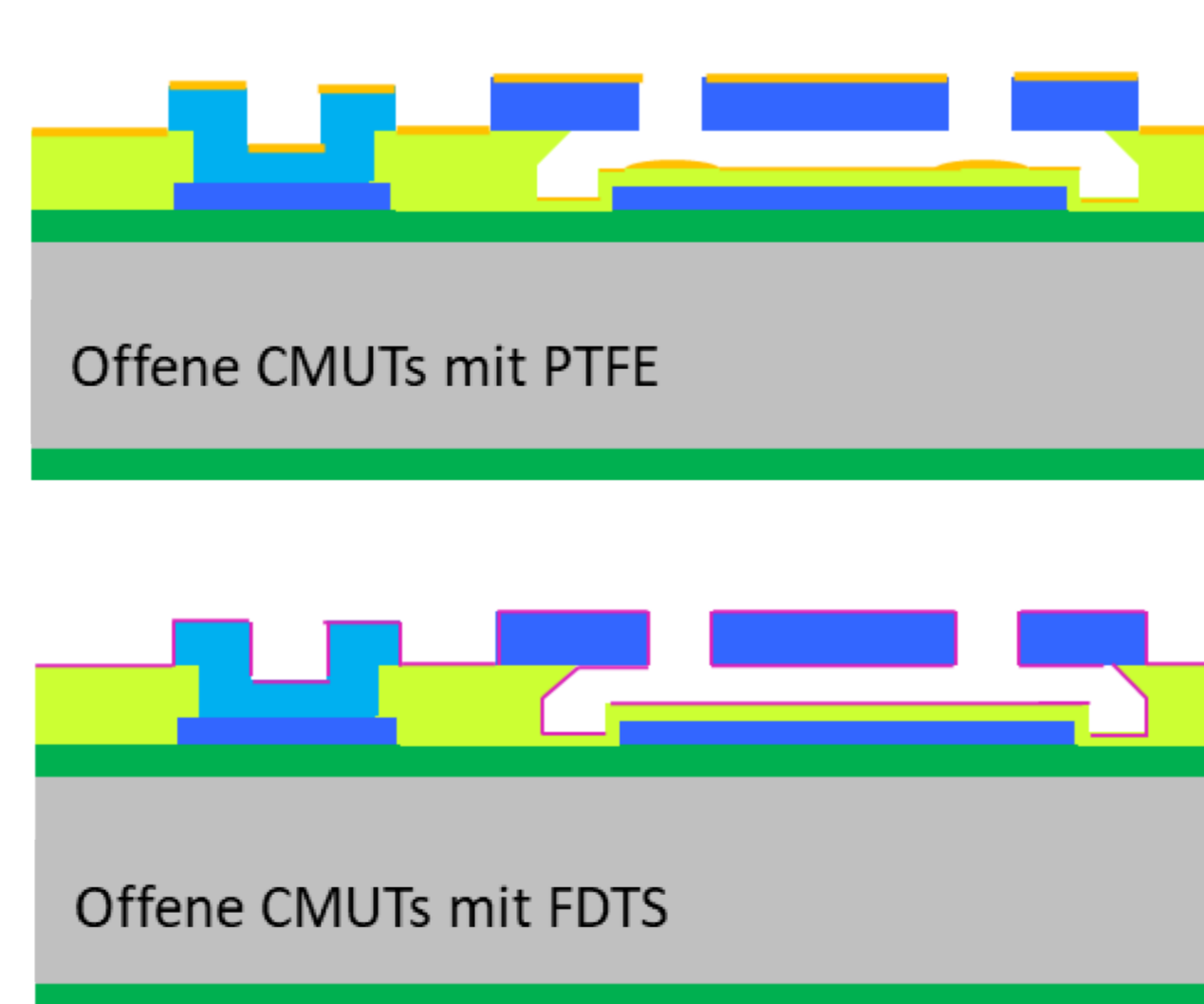
2 Herausforderungen

Ein wesentliches Bewertungskriterium für CMUTs ist die Resonanzfrequenz und die Pull-in Spannungen. Diese sind direkt von den mechanischen Gegebenheiten der schwingenden CMUT-Platte abhängig. Ein Wechsel von PTFE zu FDTS ändert diese Bedingungen und wurde sorgfältig untersucht.

3 Prozessabschnitt und Versuche

Das IPMS fertigt eine Vielzahl unterschiedlicher CMUT-Varianten, die abhängig von der Anwendung definierende Eigenheiten aufweisen. Eine dieser Anwendungen sind Luft-gekoppelte CMUTs. In dieser Auslegung weist die schwingende CMUT-Platte Löcher auf, um durch die Atmosphäre in der Kavität eine zusätzliche Dämpfung und damit eine geringere Resonanzfrequenz zu erreichen. Die niedrigeren Frequenzen resultieren in einer geringeren Dämpfung des Signals und damit einer höheren effektiven Reichweite.

Das direktional abgeschiedene PTFE mit 100 nm wurde gegen ALD-prozessiertes FDTS mit wenigen Nanometern getauscht. Dadurch wurde eine komplett gleichförmige Beschichtung der CMUTs erreicht. Das bislang abgeschiedene PTFE hat die schwingende Masse erhöht und beigetragen die Frequenz zu reduzieren. Die resultierende Verschiebung der Frequenz muss untersucht und angepasst werden.



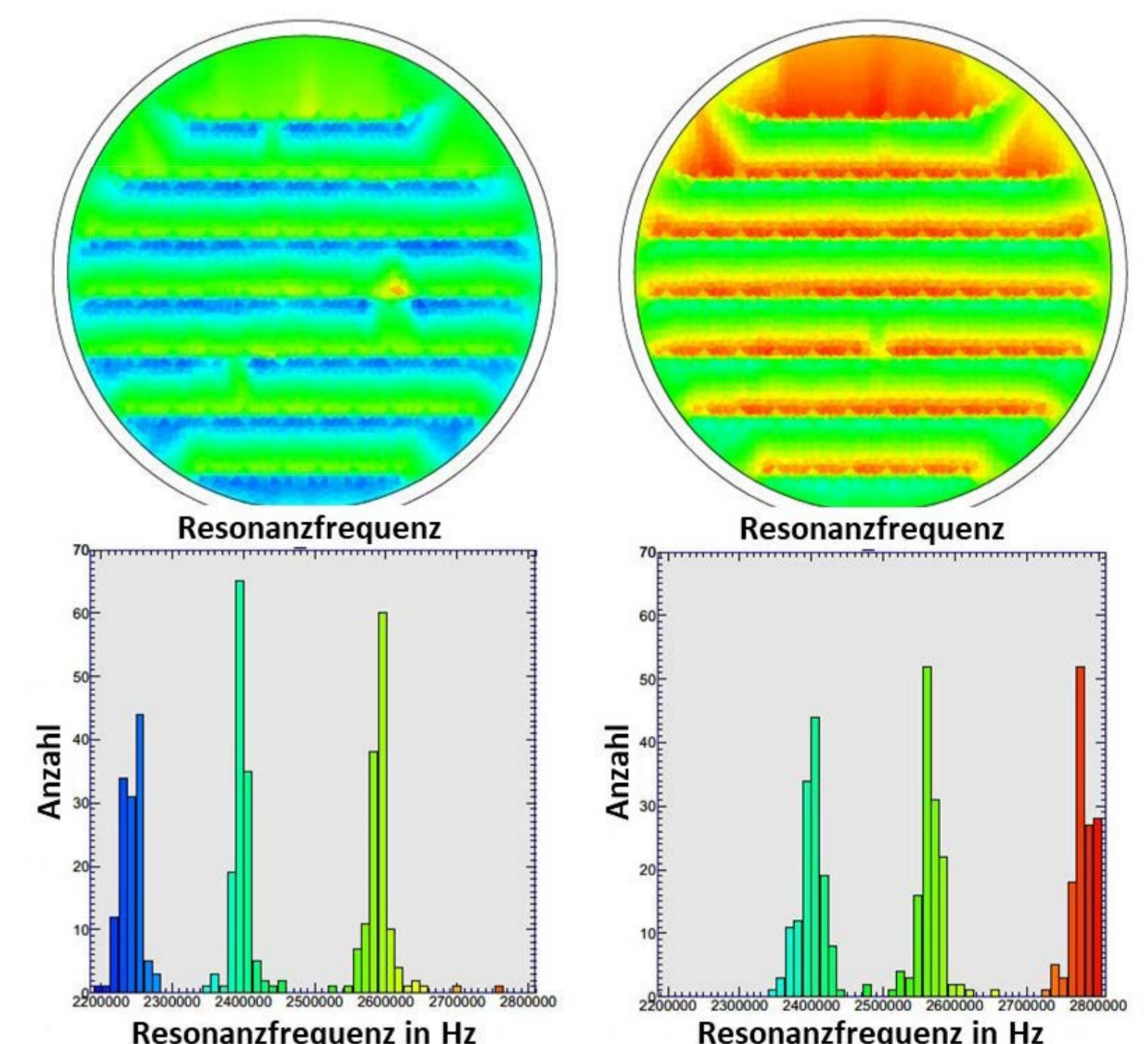
4 Ergebnisvergleich und -bewertung

Waferlevel-Messdaten mit ausreichender statistischer Aussagekraft liegen für das Ultraschallbauteil mit PTFE und FDTS vor. Die Resonanzfrequenz erhöht sich durch die Substitution von PTFE auf FDTS um 4,4 % bis 7,8 % in Abhängigkeit von der Designvariation.

Dargestellt ist diese Verschiebung in den links dargestellten Wafermaps charakterisierter CMUTs. Links sind die gemessenen Resonanzfrequenzen mit PTFE, rechts mit FDTS abgebildet. Es wurden jeweils drei unterschiedliche Designprozessiert und charakterisiert, welche eindeutig identifizierbare Peaks bzw. Verschiebung zu höheren Frequenzen in der Häufungsverteilung zeigen.

Somit kann die erwartete Verschiebung durch alternativen Materialeinsatz auf typähnliche Designs übertragen werden.

FDTS wird durch Atomic Layer Deposition in einer MVD300-Anlage der Firma SPTS abgeschieden. Die Designkorrektur konnte inzwischen in mehreren im Auftrag von Industriekunden gefertigte Entwicklungslose umgesetzt und bestätigt werden.



5 Zusammenfassung

Größere Materialsupplementationen erfordern Änderungen im Prozess, welche die Funktionscharakteristiken der CMUTs variieren.

Die Änderungen können durch Anpassung anderer Designparameter korrigiert werden. Damit konnte das Volumen der eingesetzten PFAS-Materialien signifikant reduziert werden, ohne das Bauteil in der Funktion zu beeinflussen.

6 Ausblick

Es wird aktuell untersucht welche Materialien als Ersatz für FDTS genutzt werden können, um CMUTs komplett PFAS-frei zu prozessieren. Die Erkenntnisse wurden erfolgreich auf weitere MEMS am IPMS übertragen.