



1-3-PIEZOKOMPOSITE FÜR HOCHFREQUENTE ULTRASCHALLWANDLER

M.Eng. Paul Günther, Dr. Sylvia Gebhardt, Dr. Holger Neubert

Die Ultraschallbildgebung ist ein zentraler Bestandteil der medizinischen Diagnostik. Der Wunsch nach präziserer Darstellung erfordert höhere Bildauflösungen, die nur durch den Einsatz hochfrequenter Ultraschallwandler mit Arbeitsfrequenzen zwischen 20 und 40 MHz erreichbar sind. Da mit steigender Ultraschallfrequenz nicht nur die Auflösung zunimmt, sondern auch die akustische Eindringtiefe ins Gewebe abnimmt, eignen sich hochfrequente Ultraschallwandler besonders für oberflächennahe oder durch Katheder erreichbare Strukturen, z. B. im Rahmen dermatologischer, ophthalmologischer oder intravasculärer Untersuchungen.

1-3-Piezokomposite

Zur Herstellung von Ultraschallwandlern für die medizinische Bildgebung haben sich 1-3-Piezokomposite etabliert. Ihr Aufbau aus piezoelektrisch aktiven Keramikstäbchen in einer piezoelektrisch inaktiven und elastischen Polymermatrix ermöglicht zum einen eine exzellente elektromechanische Kopplung und damit hohe Empfindlichkeiten, große Bandbreiten sowie eine gute akustische Impedanzanpassung an biologisches Gewebe. Zum anderen können erst mit Piezokompositen Gruppenstrahler mit einzeln angesteuerten, akustisch voneinander isolierten Wandlerelementen aufgebaut werden, die für die Bildgebung notwendig sind. Zur Erhöhung der Arbeitsfrequenz muss die Kompositdicke, d. h. die Höhe der piezoelektrischen Stäbchen verringert werden. Außerdem ist es notwendig, deren Querschnitt und Abstand zu verkleinern, um Störmoden zu höheren, unkritischen Frequenzlagen zu verschieben. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Fertigungstechnologie, mit der sich feine Strukturen mit Abmessungen im Bereich von wenigen μm

umsetzen lassen müssen. Das etablierte Dice-and-Fill-Verfahren zur Herstellung von 1-3-Piezokompositen ist hierfür zu grob-skalig und somit auf Frequenzen < 20 MHz beschränkt.

Soft-Mold-Verfahren

Das am Fraunhofer IKTS entwickelte Soft-Mold-Verfahren ermöglicht die Herstellung deutlich feinskaliger 1-3-Piezokomposite mittels Gießformgebung. Von einer über Mikrostrukturierung hergestellten Urform werden flexible Zwischenformen aus Silikon abgenommen, in die ein keramischer Schlicker gegossen wird. Nach Trocknung wird der Grünling entformt und gesintert. Vorteile im Vergleich zur Dice-and-Fill-Methode sind:

- Wiederverwendbare Ur- und Zwischenformen
- Hohe Variabilität von Stäbchenform und -anordnung
- Erzeugung besonders geringer Stäbchenabstände
- Kein erhöhter Aufwand mit steigender Strukturfeinheit

Das Soft-Mold-Verfahren gewährleistet eine wirtschaftliche Fertigung von 1-3-Piezokompositen für hochfrequente Ultraschallwandler. Runde Stäbchen in hexagonaler Anordnung ermöglichen derzeit den Aufbau von Wandlern mit Arbeitsfrequenzen bis 30 MHz – im Vergleich zu 15 bis 20 MHz, die sich mit herkömmlichen Verfahren realisieren lassen. In naher Zukunft werden voraussichtlich sogar Wandler mit > 40 MHz herstellbar sein.



- 1 Gesintertes Stäbchen-Array.
- 2 Impedanzspektrum eines 20-MHz-Ultraschallwandlers.