

Ultraschall-Piezoelemente in der Medizintechnik

Qualität ist oberstes Gebot



Bild 1: Dieses kabellose Fetalmonitoringsystem kann selbst bei Drillingsschwangerschaften die Herzöne aller Föten synchronisiert erfassen, d.h. mit derselben Impuls-Dichte (Foto: Philips)

Ultraschall, also Schall oberhalb des menschlichen Hörfrequenzbereichs ab etwa 16 kHz, wird in der Medizintechnik und Forschung vielfältig genutzt. Das Spektrum reicht von Abstandsbestimmung und Objekterkennung, Füllstand- oder Durchflussmessungen über hochauflösende Materialprüfungen bis hin zur medizinischen

Diagnostik und Therapie. Piezoelemente spielen hierbei häufig eine Schlüsselrolle, so auch bei einem neuen System zur kabellosen Überwachung von Mutter und Kind während Schwangerschaft und Geburt (Bild 1).

Das Erzeugen und Detektieren von Ultraschall ist die klassische Piezo-Anwendung, denn beim Anlegen einer Wechselspannung beginnt das Piezoelement zu schwingen. Bei Kraftereinwirkung wird eine elektrische Spannung erzeugt (direkter Piezoeffekt) und unter dem Einfluss eines elektrischen Feldes verändern sich die Abmessungen (inverser Piezoeffekt). Piezoelemente wandeln also mechanische in elektrische Energie um und umgekehrt, man spricht deshalb auch von Ultraschall-Wandlern. Der Piezoeffekt beruht dabei ausschließlich auf Verschiebungen innerhalb des Kristallgitters des piezoelektrischen Elements. Es gibt daher keine mechanische Reibung und keinen Verschleiß im klassischen Sinne und die Sensibilität ist hoch. Bereits kleinste Deforma-

tionen erzeugen unmittelbar eine messbare Ladungsverschiebung. Umgekehrt bewirkt eine kleine elektrische Spannung eine sofortige Auslenkung. Piezoelemente lassen sich dadurch gleichzeitig als Sensor und Aktor nutzen, können also nicht nur Ultraschall erzeugen, sondern auch detektieren. Die kurzen Ansprechzeiten und die hohe Dynamik dieser Bewegungen kommen der Ultraschallerzeugung natürlich ebenfalls entgegen.

Außerdem lassen sich Piezoelemente auch gut an die jeweiligen Anwendungsanforderungen anpassen, denn neben der auf die jeweilige Applikation bezogene Materialauswahl sind unterschiedliche geometrische Varianten und Resonanzfrequenzen realisierbar (Bild 2). Je nach Anwendung gilt es allerdings bei der Fertigung der Piezos hohe Qualitätsstandards zu erfüllen. Bei Ultraschall-Wandlern für Herzton-Wehenschreiber (Fetalmonitore oder CTGs), also die Überwachung der Herzöne des ungeborenen Kindes, sind die Anforderungen besonders hoch.

Fetalmonitoring: identische Überwachung für bis zu drei Föten

Die Philips Medizin Systeme Böblingen GmbH gilt als Marktführer für Patienten-Monitoringsysteme. Jetzt hat das Unternehmen einen neuen drahtlos arbeitenden Wehenschreiber entwickelt (Bild 1). Mit seiner Hilfe lassen sich selbst bei Drillingsschwangerschaften die Herzöne aller Föten synchron erfassen, d.h. mit derselben Impuls-Dichte. Alle Föten erhalten so die gleiche Überwachungsqualität; sie werden jeweils mit 3000 Ultraschall-Impulspaketen pro Sekunde (Bursts) überwacht.

Bild 3 zeigt das Innenleben des Ultraschall-Aufnehmers (Transducers). Sieben identische Piezoelemente sind symmetrisch angeordnet und arbeiten sowohl als Sender als auch Empfänger für Ultraschall. Das empfangene Signal wird einerseits in einem Signalverarbeitungsschritt von Träger abgetrennt, gefiltert und akustisch ausgegeben, um die Positionierung des Aufnehmers zu erleichtern, und andererseits

Autorinnen:



Dipl.-Phys. Birgit Schulze, Markt & Produkte bei Physik Instrumente (PI), und Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee



Bild 2: Bei Piezoelementen sind unterschiedliche Varianten realisierbar, die die Anpassung an die jeweilige Anwendung ermöglichen: z.B. Rohre, Scheiben, Bieger, Scherelemente oder Translatoren. (Foto: PI)

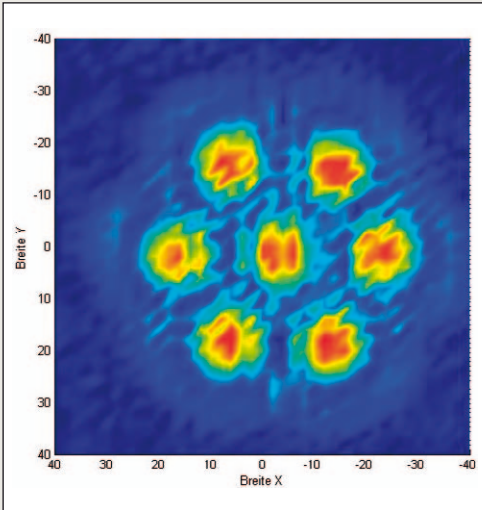


Bild 4: Horizontalschnitt durch das Schallfeld eines Transducers, der am Boden eines Wasserbeckens angebracht ist, aufgenommen mit einem hochempfindlichen Hydrophon in etwa 20 mm Abstand von der Transduceroberfläche. (Foto: Philips)

einer weiteren Signalverarbeitungsstufe zugeführt. Dort wird das Signal gleichgerichtet, gefiltert und in der Abtastfrequenz reduziert. Mit Hilfe einer Autokorrelation wird aus diesem Signal die fötale Herzfrequenz, idealerweise für jeden Herzschlag, ermittelt. Die Grundlage für diese aufwendigen Berechnungen liefert der sogenannte Dopplereffekt, d.h. die Frequenzverschiebung zwischen abgestrahlter und am gleichen Piezowandler empfangener, reflektierter Wellenfront der Ultraschallwellen wird ausgewertet. Die Reflexion wird verur-

sacht durch bewegte Strukturen wie zum Beispiel durch die Bewegung des Herzmuskels des ungeborenen Kindes. Der Herzschlag der Föten lässt sich auf diese Weise erkennen und überwachen.

Qualitätssicherung: Konstante Ultraschallparameter, Oberflächenreinheit und Klebung

Bei der Auswahl der eingesetzten Piezoelemente legte der Hersteller strenge Qualitätsanforderungen zugrunde. Nur wenn die Piezoelemente die geforderten Kriterien erfüllen, lassen sich die

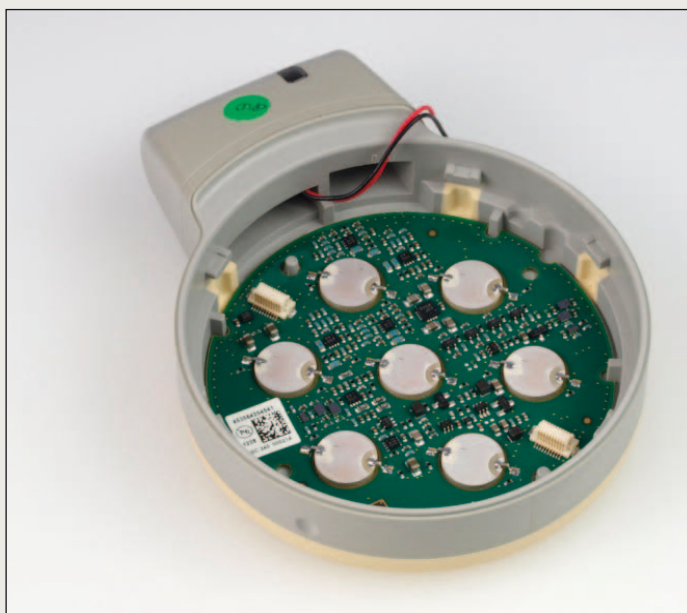


Bild 3: Innenleben des Ultraschall-Transducers. Sieben identische Piezoelemente sind symmetrisch angeordnet und arbeiten sowohl als Sender als auch Empfänger für Ultraschall. (Foto: Philips)

Ansteuerung des Transducers und die Algorithmen zur Auswertung optimal aufeinander abstimmen. Erst dadurch kommt man zu den genauen Ergebnissen, die die lückenlose Überwachung der bis zu drei Föten möglich machen. Wichtige Voraussetzungen sind deshalb die konstante Ultraschallperformance der Piezoelemente als Sender und Empfänger ebenso wie beispielsweise die Güte der Klebung. Diese muss einerseits möglichst fest sein, um die Ultraschallsignale optimal auf die Oberfläche zu leiten und in die auswertende Elektronik einzukoppeln, andererseits soll sie aber auch elastisch bleiben, um Stöße zu verkraften. Schließlich darf der Transducer im alltäglichen Klinikgebrauch auch bei einem versehentlichen Herunterfallen nicht gleich beschädigt werden.

Als ideal für die Anwendung erweisen sich schließlich scheibenförmige Piezoelemente der PI Ceramic GmbH. Die Piezos „Made in Germany“ überzeugen mit sehr geringen Tolerierungen der für die Ultraschallperformance relevanten piezoelektrischen Parameter wie der Resonanzfrequenz, der elektrischen Kapazität und der Kopplungskoeffizienten. Außerdem weisen die Piezoelemente eine extrem hohe Oberflächenreinheit auf. Dadurch ermöglichen sie eine optimale, also feste und gleichzeitig elastische Klebung. Der Transducer trägt bei einem Fall aus 1,5 m Höhe schlimmstenfalls kosmetische Schäden davon.

Konstante Ultraschallperformance

Im Fertigungsprozess wird die Qualität der Klebeverbindungen kontinuierlich durch entsprechende Messungen der Klebekraft überwacht. Natürlich wird auch die Signalstärke intensiv geprüft, damit alle sieben Piezoelemente im fertigen Transducer schlussendlich auch wirklich mit identischer Signalstärke arbeiten und beim Empfangen der Signale ebenfalls gleich reagieren. Das Schallfeld wird mit einem Drei-

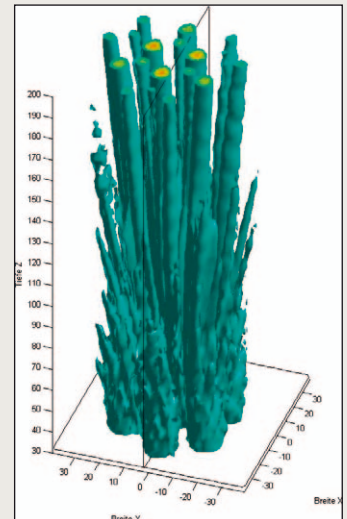


Bild 5: Räumliche Darstellung des Schallfelds der Ultraschall-Sender. Die Signale der einzelnen Sender überlagern sich und führen zu einer Konzentration des Gesamtsignals. (Foto: Philips)

Achsen-Messsystem räumlich vermessen, um das Schallfeld zu optimieren. Ziel ist es, ein gleichmäßiges, möglichst zylinderförmiges Schallfeld zu erhalten.

Bild 4 und 5 zeigen einen Horizontalschnitt durch das Schallfeld sowie eine dreidimensionale Darstellung der Schallintensität, aufgenommen in einem Wassertank. Das Resultat der qualitätsorientierten Produktion ist eine möglichst homogene Ultraschallperformance des Transducers. Außerdem lässt sich eine immer ausreichende Eindringtiefe des Ultraschalls garantieren. Letzteres ist wichtig, da sich in fast allen Ländern der Trend zu Adipositas fortsetzt und so immer mehr Gewebe von dem Ultraschall durchdrungen werden muss. Gleichzeitig ist sichergestellt, dass der Energieeintrag ins Gewebe so gering wie möglich ist. Er liegt deutlich unter den von den entsprechenden Normen geforderten Werten.

► Physik Instrumente (PI)
GmbH & Co. KG
info@pi.de
www.pi.de