

Herr Behrouz Aghajanloo

Macquarie University

Akustischer Biosensor für Cochlea-Implantate

Das Trommelfell und die Basilarmembran sind für die Schallaufnahme und Frequenzselektivität unerlässlich. Das Trommelfell fängt Schallwellen auf und überträgt Schwingungen, während die Basilarmembran die mechanische Frequenzunterscheidung in der Cochlea ermöglicht, wo Haarzellen Schwingungen in neuronale Signale umwandeln. Inspiriert von diesen Mechanismen präsentiert diese Studie einen bionischen akustischen Sensor, der beide Funktionen in einem kompakten, piezoelektrischen Biosensor vereint, der Schallwellen direkt in elektrische Signale umwandelt. Der Sensor besteht aus einer elektrogenen Nanofasermembran aus Polyvinylidenfluorid (PVDF) und thermoplastischem Polyurethan (TPU), wobei die Piezoelektrizität von PVDF für eine effiziente Signalumwandlung und die Flexibilität von TPU für mechanische Anpassungsfähigkeit genutzt wird. Durch die Nachahmung der Schallaufnahme im Trommelfell und der Frequenzselektivität der Basilarmembran vereinfacht das Gerät den Hörprozess zu einem miniaturisierten, hochempfindlichen Biosensor. Die Leistung wurde mit einem speziell angefertigten LabVIEW-Modul getestet, das die Eingangs- und Ausgangssignale eines Mikrofons, eines Laser-Doppler-Vibrometers (LDV) und eines Sensors synchronisiert.

Frequenzdurchlauf-Experimente bestätigten eine starke Schwingungsreaktion, während COMSOL Multiphysics-Simulationen die Resonanzfrequenzen genau vorhersagten, die später experimentell validiert wurden. Akustik-Struktur-Interaktionsmodelle stellten eine realistische Nachbildung des Hörvermögens sicher. Die Ergebnisse zeigen, wie die Geometrie der Membran und die Materialeigenschaften die Frequenzabstimmung und Empfindlichkeit verbessern. Simulierte Schwingungsmodi zwischen 100 Hz und 3000 Hz stimmten mit den experimentellen Daten überein. Die Reaktion des Sensors auf kontrollierte akustische Reize aus einem Lautsprecher wurde in Echtzeit erfasst. Durch die Zusammenführung der Funktionen des Trommelfells und der Basilarmembran bietet dieser bionische akustische Sensor einen Durchbruch in der Wiederherstellung des Hörvermögens. Sein kompaktes piezoelektrisches Design findet Anwendung in Cochlea-Implantaten, Hörprothesen und bioinspirierten Sensoren, wobei starke experimentelle Validierungen die biomedizinische Akustik und KI-gesteuerte Hörtechnologien unterstützen.