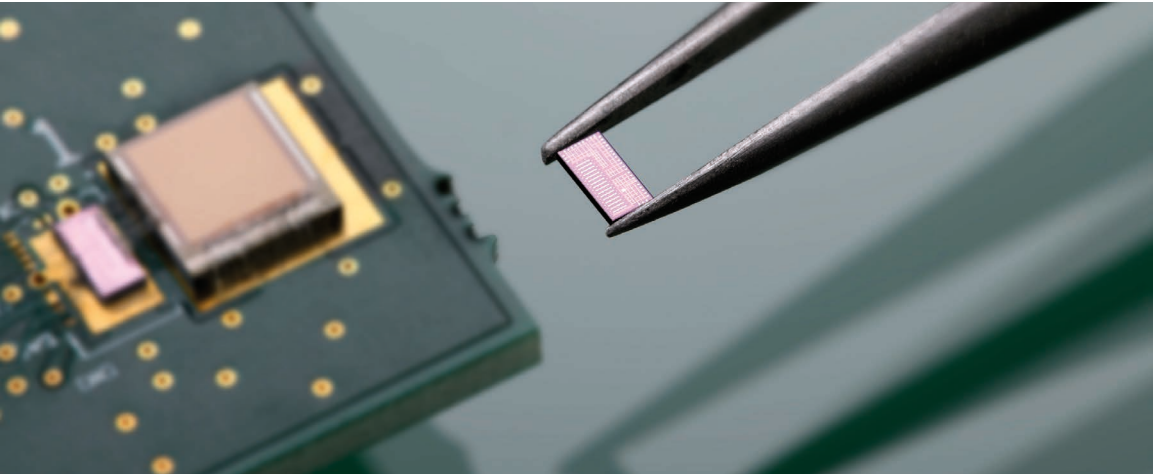


Kompakte und drahtlose Energieversorgung mit extrem niedrigen Stromverbrauch

Die neuartige ultraschallgestützte Technologie bahnt den Weg zu miniaturisierten und minimal-invasiven neuronalen Implantaten, die der Medizintechnik neue Möglichkeiten eröffnen



Imecs ultraschallbasierter Proof-of-Concept-Chip für die drahtlose Stromversorgung mit einer Größe von nur 0,75 × 1,88 mm. Er wird in der Pinzette nochmal extra gezeigt. Er wurde in 65 nm CMOS gefertigt und ist vollständig auf einer Leiterplatte mit PMUT-Schallkopf integriert.

Imec, ein führender Anbieter von Nanoelektronik und digitalen Technologien, präsentierte auf der International Solid-State Circuits Conference (IEEE ISSCC 2024) ein innovatives, ultraschallbasiertes Proof-of-Concept für die kabellose Stromversorgung von Implantaten. Die vorgestellte Lösung mit einer Größe von gerade einmal 8 mm x 5,3 mm ermöglicht eine präzise Strahlsteuerung (bis zu einem Winkel von 53 Grad) und benötigt 69 Prozent weniger Strom - damit ist sie die kleinste drahtlose Ultraschall-Stromversorgungseinheit mit dem geringsten Stromverbrauch unter den modernen Systemen. Das bahnbrechende Konzept eines adiabatischen Treibers mit globaler Ladungsverteilung beseitigt die Problematiken herkömmlicher Kabelverbindungen oder Batterien und ebnet den Weg für minimalinvasive, drahtlose (neurale) Implantate.

Kabellose Energieversorgung ist gefragt

Intrakortikale neuronale Aufzeichnungen, die für das Verständnis und die Behandlung neurologischer Erkrankungen von entscheidender Bedeutung sind, stehen vor dem Problem der Energieversorgung.

Die herkömmliche invasive Verdrahtung birgt das Risiko von Komplikationen wie Narbenbildung und Infektionen, während die Integration von Batterien (wodurch die Notwendigkeit einer Kabelverbindung entfällt) Risiken hinsichtlich Größe und chemischer Lecks mit sich bringt.

Paradigmenwechsel

Der Einsatz adiabatischer Antriebe mit globaler Ladungsverteilung ist ein Paradigmenwechsel. Im Gegensatz zu invasiven Eingriffen oder klobigen Komponenten haben imec und die Technische Universität Delft im Rahmen des vom ERC finanzierten Projekts „Intranet of Neurons“ eine Ultraschalltechnologie entwickelt, mit der neuronale Implantate drahtlos mit Strom versorgt werden können und dabei erfolgreich Entfernungen vom Schädel bis zum Kortex des Gehirns überwinden.

Um dies zu erreichen, führten die Forscher eine einzigartige adiabatische Antriebstechnik ein, die auf dem Konzept der „globalen Ladungsverteilung“ („Global Charge Redistribution“, GCR) basiert. Im Gegensatz zu herkömmlichen adiabatischen Antriebsmethoden

nutzt dieser Ansatz die parasitären Kapazitäten des Ultraschallwandler-Arrays selbst und recycelt Ladungen. Dies macht externe Kondensatoren zur Umverteilung der Ladungen verzichtbar und ermöglicht ein kompakteres Design. Der in 65 nm CMOS gefertigte Chip verfügt über eine vollständig integrierte 116 µm × 116 µm messende Treibereinheit, die im Vergleich zu konventionellen Class-D-Treibern 69 Prozent Energieeinsparung ermöglicht. Dieses Design macht ihn zur kleinsten adiabatischen Ultraschall-Antriebseinheit mit dem niedrigsten Stromverbrauch unter den modernen Systemen.

Für den Einsatz in vivo ist die Strahlsteuerung bis zu großen Winkeln (>45°) entscheidend, um die Leistungsabgabe zu maximieren und Mikrobewegungen und Fehlausrichtungen des Gehirns (wie sie z. B. bei Operationen und der Atmung auftreten) zu kompensieren. Mit der Einführung eines Beam Steering Controllers ermöglicht das GCR-System von imec eine Strahlsteuerung von bis zu 53 Grad.

Drahtlose Schnittstellen

„Während viele neurale Implantattechnologien derzeit erhebliche

Fortschritte bei der Sensorik und Stimulation machen, gibt es bei den drahtlosen Schnittstellen, die eine der entscheidenden Komponenten der Implantate sind, noch viel Raum für Verbesserungen - insbesondere im Hinblick auf die Energieeffizienz und den Formfaktor. Um diese Lücke zu schließen und das volle Potenzial neuronaler Implantate zu erschließen, nutzen wir unsere einzigartigen Technologien für drahtlose Kommunikation, Stromversorgung und Telemetrie, um minimal-invasive drahtlose Systeme zu entwickeln, die auf miniaturisierte Implantate zugeschnitten sind und auch über intrakortikale neuronale Implantate hinaus Anwendung finden“, betont Yao-Hong Liu, wissenschaftlicher Direktor bei imec. „Wir sind bestrebt, die praktische Anwendung unserer Technologie unter realen In-vivo-Bedingungen mit unseren laufenden Fortschritten, insbesondere in Bereichen wie der Integration von Mikrosystemen und des Packaging, zu demonstrieren und freuen uns über die Zusammenarbeit mit Medizinern oder Forschern.“

Weiterführende Informationen

Der Artikel „An Ultrasound-Powering TX with a Global Charge-Redistribution Adiabatic Drive Achieving 69% Power Reduction and 53° Maximum Beam Steering Angle for Implantable Applications“ gibt einen detaillierten Überblick über die technologischen Neuerungen, einschließlich der vorgeschlagenen Architektur, des Schaltungsdesigns und der Leistungskennzahlen. Dieses Projekt Intranet of Neurons wurde vom Europäischen Forschungsrat (ERC) im Rahmen des Forschungs- und Innovationsprogramms Horizont 2020 der Europäischen Union gefördert (Fördervereinbarung Nr. 101001448).

► Imec
www.imec-int.com