

Flexible Gehirnimplantate für mehr Lebensqualität mit Parkinson

Gemeinsam mit europäischen Partnern arbeitete das Fraunhofer IZM an der Entwicklung hochintegrierter, flexibler Gehirnimplantate. Ziel war eine neue, minimalinvasive Lösung für die Behandlung neurologischer Leiden wie Parkinson. Erkrankte profitieren von einem erhöhten Tragekomfort und einer weniger aufwendigen Operation.

Neurologische Erkrankungen wie Parkinson nehmen in den letzten 25 Jahren stetig zu. Eine solche Erkrankung stellt sowohl für die Patient*innen als auch für deren Angehörige eine erhebliche Belastung dar. Die Medizin steht ihnen jedoch nicht hilflos gegenüber: Als vielversprechender Behandlungsansatz hat sich die Tiefe Hirnstimulation (THS) etabliert. Dazu werden Elektroden in das Gehirn implantiert. Ihre Anregung erfolgt durch einen Impulsgeber, der im Oberkörper sitzt, umgangssprachlich »Hirnschrittmacher« genannt.

Ein Hirnschrittmacher hat sich als wirksame Therapie bewährt, etwa bei Zwangsstörungen und dem Tremor, der bei Parkinson oder Multipler Sklerose auftritt. Die dafür notwendigen Implantate bringen für Patient*innen jedoch erhebliche Belastungen mit sich. Zudem müssen aktuelle Lösungen mit zwei Elektroden auskommen, was die Genauigkeit der Stimulation einschränkt.

Als Alternative haben Forschende aus ganz Europa im Projekt MINIGRAPH ein Implantat entwickelt, das das ganze THS-System in einem einzelnen Päckchen vereint.

Innovative Verfahren für das Implantat

Dessen Herzstück ist eine eigens designte anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC), die die bidirektionale Kommunikation mit dem Nervengewebe ermöglicht. Die Verbindung stellen Mikroelektroden aus Graphen her. Mit insgesamt 256 aufnehmenden und 32 stimulierende Elektroden wird die Auflösung, also die Genauigkeit der Stimulation deutlich verbessert. Zudem ermöglicht das Material höhere Ströme und kann damit einem Toleranzaufbau entgegenwirken.

Das Implantat verzichtet auf die bisher notwendigen langen Verbindungswege von den Elektroden im Gehirn zum Impulsgeber im Oberkörper, denn das gesamte Implantat wird auf einem einzigen 200-mm-Wafersubstrat hergestellt.

Bei dessen Aufbau konnte das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM einige innovative technologische Ansätze unter Beweis stellen: Dafür schufen die Forschenden eine zweilagige Umverdrahtung mit einem Leitungsabstand von lediglich 10 Mikrometern. Die Verbindungen zwischen den Schichten sind sogar noch kleiner und wurden in 10 Mikrometer dickem biokompatiblen Polyimid durch Laserablation hergestellt. Um den ASIC und die Kapazitäten platzieren zu können, stellten die Forschenden auf der zweilagigen Umverdrahtung anschließend Kontaktpads aus nanoporösem Gold her, welches ein thermisches Kompressionsverfahren bei 100 statt wie üblich bei 300 Grad Celsius ermöglicht.

Der Clou: Die hochempfindlichen Graphenelektroden werden erst nach dem Herstellen des nanoporösen Golds beim Projektpartner ICN2 in einem Split-Manufacturing-Verfahren abgeschieden, weil ein bei der Herstellung des nanoporösen Golds notwendiger Ätzschritt die

Graphenelektroden sonst beschädigen würde. Geschützt wird die Elektronik durch eine Barrierschicht aus einem biokompatiblen Parylene und einem Aluminiumoxid-Aufbau.

Das Ergebnis kann sich sehen lassen: Nach dem Dünnen sind der ASIC und die insgesamt 17 Kapazitäten 70 Mikrometer und das gesamte Implantat nur 100 Mikrometer dünn. Hierdurch bleibt das gesamte Implantat flexibel und passt sich der Form des Gehirns an.

Zudem konnten die Forschenden am Fraunhofer IZM gemeinsam mit den Forschenden am ICN2 erstmals zeigen, dass sie Graphen auf mikrometerdünnem Gold abscheiden und strukturieren können. Zur Einbringung des Implantats entwickelten die Projektpartner zudem ein minimalinvasives, robotergestütztes Implantationsverfahren, das schneller und unkomplizierter als die bisher übliche zweistufige Operation durchgeführt wird.

Über das Projekt:

Das Projekt MINIGRAPH (Minimally Invasive Neuromodulation Implant and implantation procedure based on ground-breaking GRAPHene technology for treating brain disorders) lief vom 1.10.2022 bis zum 30.06.2026 und wurde im Rahmen des Förderprogramms Horizon Europe von der Europäischen Union gefördert. Neben dem Fraunhofer IZM waren folgende Partner an dem Projekt beteiligt: Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (Projektkoordination), INBRAIN Neuroelectronics, IMEC, Fraunhofer IZM, Multi-Scale Robotics Lab, Nanoflex Robotics AG, Leiden University Medical Center, Czech Advanced Technology and Research Institute.

(Text: Steffen Schindler)

Originalpublikation:

https://www.izm.fraunhofer.de/de/news_events/tech_news/minigraph.html