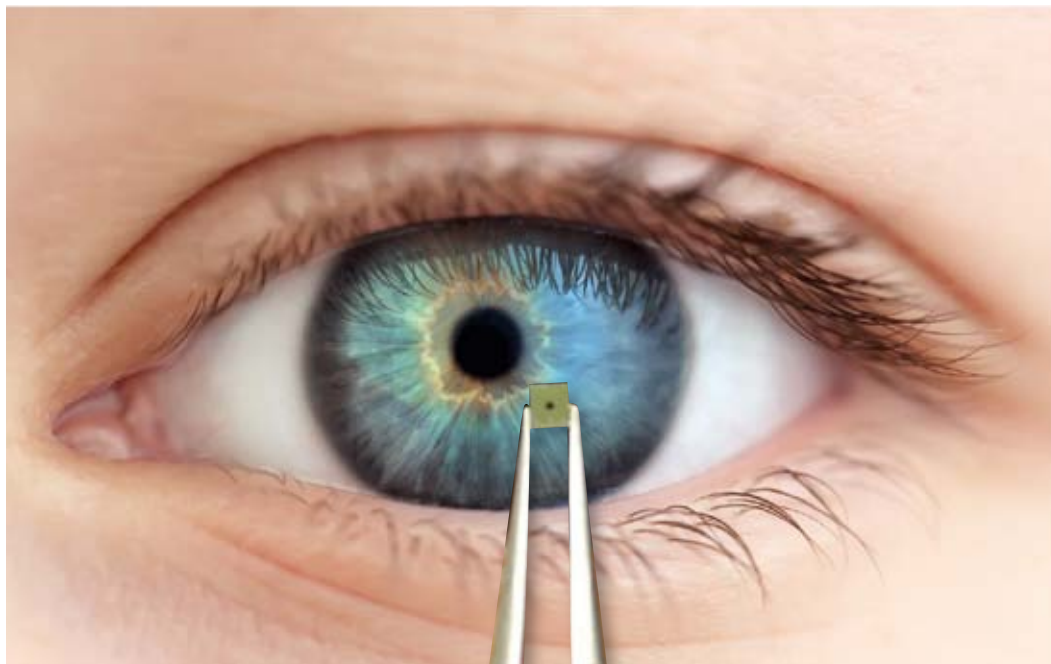


Intelligente Chips für neurotechnologische Implantate und Biosensoren

Vom Stressmesser zum Retina-Implantat

Foto: Frank Hagemeyer/Montage Sabine Geller



Sie sind kleiner als ein Stecknadelkopf und können doch Blinde wieder sehend machen sowie zu einem besseren Verständnis des menschlichen Gehirns beitragen: Integrierte Schaltungen für implantierbare Systeme.

„Bei der Herstellung von ‚Chips‘ für implantierbare Systeme werden Milliarden von elektronischen Bauelementen punktgenau auf Silizium angeordnet: Auf einer Fläche, die dem Querschnitt eines menschlichen Haares entspricht, finden sich dann bis zu 100 000 Schaltungs-transistoren, deren Strukturen nur unter den leistungsfähigsten Mikroskopen sichtbar werden“, berichtet Professor Maurits Ortmanns, Leiter des Instituts für Mikroelektronik.

Die Herausforderungen im Überblick: Höchste Funktionalität auf kleinstem Raum, geringster Energieverbrauch und hohe Sicherheitsanforderungen für Mensch und Technik. Weitere Hürden sind die drahtlose Energieversorgung und der Datentransport aus dem Körper. Denn Drähte, die aus der Haut ragen, akzeptieren die wenigsten Patienten. Sie bringen außerdem ein höheres Infektionsrisiko mit sich.

Am Institut für Mikroelektronik werden Prototypen solcher integrierter Schaltungen ständig für verschiedene biomedizinische Anwendungen optimiert. Beim Tag der offenen Tür der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie präsentierte das Institut Retina-Implantate, einen Stressmesser und einen Neu-

romodulator, der zum Beispiel bei neurodegenerativen Erkrankungen helfen soll.

Blinde sehend machen

Bei der Augenkrankheit Retinitis Pigmentosa lässt die Sehkraft der Patienten oft bereits in jungen Jahren nach, bevor es schließlich zur Erblindung kommt. Die Ursache: Lichtrezeptoren der Netzhaut gehen zugrunde. Die Makuladegeneration ist hingegen Hauptauslöser für Sehbehinderungen bis zur Erblindung im Seniorenalter. Bei diesen und anderen Erkrankungen, die die Lichtrezeptoren auf der Netzhaut (Retina) betreffen, kann ein Retina-Implantat helfen. Zwei wichtige Voraussetzungen gibt es allerdings: Die Verbindung zwischen Gehirn und Netzhaut muss weiterhin bestehen und Patienten sollten nicht blind geboren worden sein.

Auf integrierten Schaltungen basierende Retina-Implantate ersetzen die defekte Sehzelle und nutzen die vorhandene Kommunikation zwischen Netzhaut und Gehirn. „Bei diesen Implantaten wird mit elektrischen Impulsen die Netzhaut stimuliert und dann werden die Reize an das Gehirn weitergeleitet. Patienten können so wieder Gesichtsausdrücke erkennen oder etwa

Objekte unterscheiden“, erklärt Ortmanns. Der Ingenieur liefert dem französischen Unternehmen Pixium Vision komplette Implantationschips, die als epiretinale Variante auf die Netzhaut gelegt werden. Sein Institutskollege Professor Albrecht Rothermel entwickelt hingegen drahtlose Implantate (3 x 3 mm, rund 1600 Bildpunkte), die subretinal in die Netzhaut greifen und von der Retina Implant AG in Reutlingen verwendet werden. In einer klinischen Studie sind solche Chips bereits an rund 40 Patienten getestet worden, von denen viele den Blindenstatus verloren haben. Das Fernziel der Wissenschaftler: Die Implantate sollen mehrere Jahre im Auge verbleiben.

Elektrodenmatte zur Hirnstimulation

Ein weiteres Forschungsgebiet der Ingenieure sind Neuromodulatoren. Von diesem Werkzeug können Patienten mit neurologischen Erkrankungen und Wissenschaftler gleichermaßen profitieren. Dazu wird ein Elektrodenarray in der Form einer „Matte“ über das Gehirn gelegt, in die jene integrierten Schaltungen (ICs) eingearbeitet sind oder angebunden werden. So gelingt die Ableitung elektrischer Signale, was zu einem besseren Verständnis neuronaler Strukturen beitragen kann. Wissenschaftler haben also die Möglichkeit, ihre Modelle zu überprüfen und Erkenntnisse für die Behandlung Querschnittgelähmter oder Patienten mit Morbus Parkinson und Alzheimer zu gewinnen. Ebenfalls am Institut für Mikroelektronik forscht Juniorprofessor Jens Anders an Möglichkeiten, die Implantate durch chemische Sensoren so zu erweitern, dass zusätzlich zu den elektrischen Ableitungen auch Neurotransmitter im Gewebe messbar werden.

Ähnlich wie bei der Tiefenhirnstimulation können Hirnbereiche zudem gezielt mit dem Neuromodulator gereizt werden – und das an vielen Stellen gleichzeitig. Dies könnte die Symptome neurodegenerativer Erkrankungen lindern – also zum Beispiel die krankhafte Aktivität von Nervenzellen bei Parkinson stoppen – und die Reorganisation des Hirns nach einem Schlaganfall fördern. „Je mehr Flexibilität die Stimulatoren dabei haben, desto besser für den späteren Einsatz beim Patienten“, sagt Ortmanns. Die in Ulm entwickelten Chips werden von Partnern in Freiburg in eine Implantatkapsel eingebracht, die nach der entsprechenden Ausfräsung einen Teil des Schädelknochens ersetzt. Durch ein flexibles Kabel kann dann die „Elektrodenmatte“ über das Gehirn gelegt werden. Die nächste

Herausforderung: Unzählige Rohdaten aus vielen Kanälen müssen kabellos aus dem Hirn transportiert werden. Aktuell finden Tests im Modell statt.

Das dritte Exponat des Instituts verdeutlicht die interdisziplinäre Zusammenarbeit innerhalb der Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie: Mit Psychologen um Professorin Iris-Tatjana Kolassa entwickelt Juniorprofessor Jens Anders einen Stressmesser für die Hosentasche: Mittels Elektronenspinresonanz sucht das Gerät nach Hinweisen für oxidativen und nitrosativen Stress in Blutproben. „Bisherige Systeme sind teuer und füllen mitunter ganze Räume. Darüber hinaus soll unser Gerät in der Lage sein, auch geringe Stresslevel zu erfassen“, sagt Jens Anders. Getestet wird das Spektrometer in naher Zukunft an Patienten der Psychotherapeutischen Hochschulambulanz der Uni Ulm, die ihr Einverständnis gegeben haben. Beim Fakultätsjubiläum haben die Ingenieure Live-Messungen vorgeführt. Außerdem konnten Besucher integrierte Schaltungen, die viele Projekte des Instituts verbinden, durch das Mikroskop betrachten.

„Patienten können mit den Implantaten wieder Gesichtsausdrücke erkennen oder Objekte unterscheiden“

Die Forschungsvorhaben des Instituts für Mikroelektronik werden von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und von Partnern aus der Industrie gefördert. ■ ab

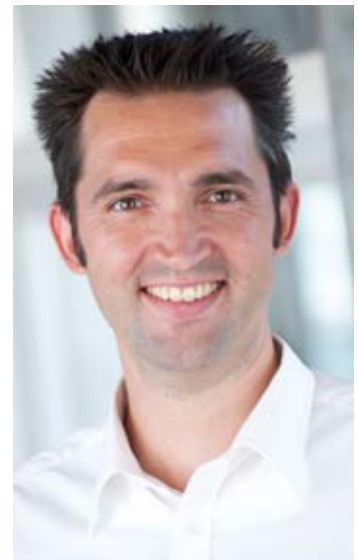


Foto: Eberhardt/kiz

Prof. Maurits Ortmanns leitet das Institut für Mikroelektronik

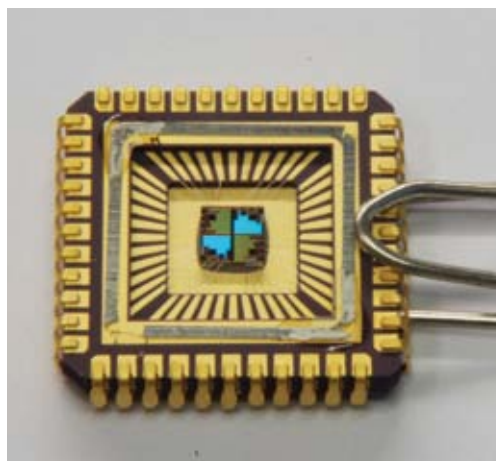


Foto: Frank Hagemeyer

Solche winzigen, von Ulmer Ingenieuren entwickelten Chips stecken unter anderem in Retina-Implantaten und Neuromodulatoren