

Krankheitsfrüherkennung in Körperflüssigkeiten mit photonischen Biosensoren

Standardmedizinische Verfahren sind oft zeitaufwändig und berücksichtigen in der Regel nicht die individuellen Eigenheiten der Patientinnen und Patienten. Dies kann sich negativ auf den Behandlungserfolg auswirken und die Lebensqualität beeinträchtigen. Zur Lösung dieses Problems entwickelt ein Fraunhofer-Forschungsteam des Fraunhofer IPMS, Fraunhofer IZI und Fraunhofer IOF Einweg-Biosensoren, die schnelle Ergebnisse liefern und über umfangreiche Multiplexing-Fähigkeiten verfügen. Diese Biosensoren ermöglichen die Früherkennung von Krankheiten und haben das Potenzial, die Gesundheitsversorgung erheblich zu verbessern.

Die Nachweismethode basiert auf speziellen, vom Fraunhofer IZI entwickelten Bioassays, bei denen sich Antigenmoleküle spezifisch an Sensoroberflächen binden, die mit Fängermolekülen funktionalisiert wurden. Die Bindung der Moleküle an die Sensoroberfläche führt zu einer Resonanzwellenlängenverschiebung in den Transmissionsspektren des Biosensor-Chips. „Dank ihrer hohen Empfindlichkeit können diese Biosensoren biologische Moleküle in Flüssigkeiten präzise nachweisen, so dass sie zur Früherkennung von Krankheiten anhand von Körperflüssigkeiten eingesetzt werden können“ erklärt Dr. Florenta Costache, Projektleiterin am Fraunhofer IPMS.

Die Biosensoren bestehen aus speziell entwickelten, skalierbaren On-Chip-Mehrkanal-Mikroring-Resonator-Architekturen mit derzeit bis zu 7 Sensoren, die für eine Wellenlänge von 1550 nm ausgelegt sind. Sie werden auf einer Siliziumnitrid-Wellenleiterplattform auf 200-mm-Siliziumwafern in der CMOS-kompatiblen Prozesslinie in einer der hochmodernen Reinraumanlagen des Fraunhofer IPMS hergestellt. Um die Empfindlichkeit noch weiter zu erhöhen, werden derzeit weitere Sensordesigns entwickelt, die im sichtbaren Bereich arbeiten und auf Mikroringresonatoren und Mach-Zehnder-Interferometern in verschiedenen einzigartigen Kombinationen basieren. Dadurch ergeben sich kosteneffiziente, skalierbare Sensoren mit maßgeschneidertem Design, hoher Präzision und Zuverlässigkeit.

Costache ergänzt: „Zusätzlich haben wir ein Regenerationsverfahren zur Wiederherstellung der funktionalen Oberfläche des Sensors entwickelt und erfolgreich umgesetzt. Dadurch kann der Sensor recyclet und mehrfach verwendet werden. Das spart Kosten und erleichtert einen mobilen Einsatz unter Feldbedingungen.“

Demonstrator zum Nachweis von Biomarkern bei neurodegenerativen und onkologischen Erkrankungen

Das Forschungsteam hat bereits erfolgreich einen tragbaren Demonstrator entwickelt, der auf einem Mehrkanal-Siliziumnitrid-Mikroringresonator-Biosensorsystem basiert und durch die Implementierung spezieller Lösungen für die Lichteinkopplung und -detektion einen einfachen Chipwechsel zulässt. Dieses System ermöglicht den Multiplex-Nachweis spezifischer miRNA-Biomarker, die im Zusammenhang mit neurodegenerativen und onkologischen Erkrankungen stehen. Die auf der Sensoroberfläche immobilisierten Fängermoleküle für den Nachweis dieser Biomarker sind DNA-basiert. Die entwickelten Sensoren und das integrierte System sind vielseitig einsetzbar und können für den Nachweis von Nukleinsäuren, verschiedenen

krankheitsbegleitenden Biomarkern, sowie von Krankheitserregern in unterschiedlichen Flüssigkeiten angepasst werden.

Die Biosensoren zeigen großes Potenzial für den Einsatz in der schnellen, minimalinvasiven Diagnostik, insbesondere für die Früherkennung von Krankheiten, Therapieüberwachung und Arzneimittelentwicklung. Eine Zusammenarbeit mit Diagnostikunternehmen und Kliniken wird für die nahe Zukunft angestrebt, um die Entwicklung von Biosensoren für relevante biomedizinische Anwendungen weiter voranzutreiben. Das Ziel besteht darin, den praktischen Einsatz dieser Biosensoren im Gesundheitswesen zeitnah zu demonstrieren.

Vorstellung auf der Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics

Dr. Florenta Costache wird am 5. August 2024 auf der CLEO-PR (Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics) in Incheon, Südkorea, stellt die Entwicklung in einem eingeladenen Vortrag mit dem Titel „Silicon Photonic Biosensors for Label-Free Detection of Small Biomolecules“ (Silizium-Photonische Biosensoren für die markierungsfreie Detektion kleiner Biomoleküle) - Vortrag Mo3G-1.

Informationen zu den Forschungsarbeiten zu photonischen Biosensoren sind auf der Webseite <https://www.ipms.fraunhofer.de/de/Components-and-Systems/Components-and-Systems-...> verfügbar.