

## Projekt

## Photonic Embedding of Active Region Laser Chips on Silicon (PEARLS)

|                  |  |
|------------------|--|
| Koordinator:     | Dr.-Ing. Benjamin Wohlfeil<br>ADVA Optical Networking SE<br>Justus-von-Liebig-Str. 7<br>12489 Berlin<br>Tel.: +49 30 67008 119<br>E-Mail: BWohlfeil@advaoptical.com        |
| Projektvolumen:  | 5,8 Mio. € (Förderquote 62,4%)   |
| Projektlaufzeit: | 01.05.2019 – 30.04.2022  |
| Projektpartner:  | ➤ Sicoya GmbH, Berlin<br>➤ IHP GmbH, Frankfurt/Oder<br>➤ IHP Solutions GmbH, Frankfurt/Oder<br>➤ FhG-IZM, Berlin<br>➤ Universität Kassel<br>➤ Formfactor GmbH (assoziiert) |

## Photonische Mikointegration als Schlüssel zu höherer Leistungsfähigkeit, neuen Funktionen und effizienter Fertigung

Miniaturisierung und Systemintegration gehören auch in der Photonik zu den wichtigsten technischen Entwicklungsrichtungen. Höhere Integrationsdichten führen zu erheblichen Zugewinnen an Stabilität und Performanz. Eine Verkleinerung bei gleicher Funktionalität erlaubt zunächst eine flexiblere Verwendung – auch unter (vormals) eingeschränkten Platzverhältnissen. Darüber hinausgehend erschließt die Miniaturisierung jedoch auch völlig neue Funktionalitäten, die auf der Makroskala nicht zur Verfügung stehen. Die fortschreitende Miniaturisierung der Optik erlaubt beispielsweise die Herstellung integrierter Strukturen auf Längenskalen unterhalb derjenigen der Lichtwellenlänge. Dadurch wird es möglich, sogar die elektrischen und magnetischen Feldanteile einer Lichtwelle getrennt zu kontrollieren.

Auch die Herstellung eines Systems vereinfacht sich, da sich verschiedene Funktionalitäten in einem einzigen Prozess auf einer einheitlichen Material-Plattform integrieren lassen. Von besonderer Bedeutung ist dies bei der Integration optischer und elektronischer Funktionen auf einer (Silizium-)Plattform, da hierbei zumindest in Teilen auch auf die bereits existierenden Prozesstechnologien der Mikroelektronik zurückgegriffen werden kann.

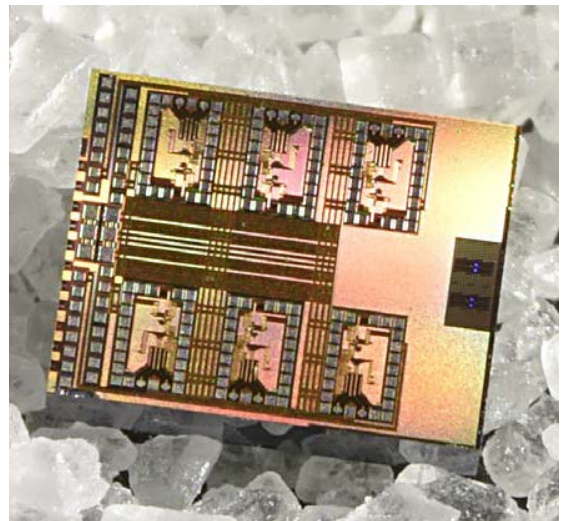


Bild 1: Kohärenter optischer Empfänger mit integriertem elektronischem Hochfrequenz-Verstärker in photonischer BiCMOS-Technologie, zum Größenvergleich auf Zuckerkristallen liegend abgebildet. (Quelle: IHP GmbH)

## Integrierte Mikrophotonik für das 5G Netz

Die Einrichtung des 5G-Netzes erfordert umfangreiche Investitionen in die gesamte Daten-Infrastruktur. Um Daten mit den geforderten hohen Raten von bis zu 20 GBit/s mobil übertragen zu können, müssen solche enormen Datenmengen zuerst von den Datenservern bis zu den Sendemasten übertragen werden. Diese Anbindung der Masten an die weltweiten Datenserver und sonstigen Datenquellen machen über 99% der zur überwindenden Distanz zum Endnutzer aus. Das 5G-Netz stellt deshalb erhebliche Anforderungen an die optische Übertragungstechnik. Mit vorhandenen Technologien ist der enorme Datenverkehr eines 5G-Netzes nicht zu bewältigen. Um das 5G-Netz zu ermöglichen, müssen daher neue, mikrointegrierte optische Technologien entwickelt werden. Die Notwendigkeit für Innovationen besteht auf der gesamten Übertragungsstrecke, beginnend an den Servern innerhalb der weltweit verteilten großen Datacenter bis zur Anbindung der mobilen Sendeanlage vor Ort. Der Verbund PEARLS erforscht deshalb neue, integrierte photonische Schaltkreise für die Verwendung in und außerhalb von Datacentern, mit denen die hohen Anforderungen an die Infrastruktur des 5G-Netzes erfüllt werden können.

## Integration aktiver optischer Elemente auf Silizium-Chips

Ein jahrzehntealtes Problem integrierter optischer Schaltkreise besteht darin, dass die als Lichtquellen verwendeten Laser einen eigenen Chip benötigen. Die Halbleitermaterialien, aus denen die Lichtquellen bestehen, sind sogenannte Verbindungshalbleiter, wie zum Beispiel Galliumarsenid oder das hier verwendete Indiumphosphid. Elektronische Chips basieren hingegen auf Silizium, das sich vergleichsweise schlecht als Lichtquelle eignet. Mit dem Ziel dieses Problem zu lösen, verfolgen viele Gruppen weltweit unterschiedliche Ansätze der sogenannten hybriden Integration von Verbindungshalbleitern in Silizium-Chips.

Das Ziel von PEARLS ist es nun, erstmals eine Systemlösung auf Basis der Siliziumphotonik zu schaffen. Diese soll Quantenpunkt-basierte Indiumphosphid-Halbleiterlaserquellen und siliziumphotonische elektrooptische integrierte Schaltungen (ePIC) miteinander vereinen und so eine Plattform für hochbitratige, chipintegrierte optische Übertragungstechnik verwirklichen. Der Anwendungsbereich dieser integrierten Schaltungen liegt im Bereich der Inter- und Intra-Datacenter-Verbindungen, bei denen hohe elektrooptische Bandbreiten, geringer Platzbedarf und geringe Leistungsaufnahme neben Kosteneffizienz von höchster Priorität sind. Die Leistungsfähigkeit dieser Plattform soll im Projekt exemplarisch anhand zweier Module demonstriert werden. Die Module sollen durch den Entfall externer Laser ein Minimum an Aufbau- und Verbindungstechnik erfordern und zudem extrem platzsparend sein.

Ein weiterer Schwerpunkt des Projekts liegt im Aufbau einer Wertschöpfungskette in Deutschland, die vom ePIC- und Laser-Design über die Prozessierung und Chipherstellung bis hin zur Aufbautechnik eine durchgängige Fertigung in Deutschland ermöglicht.

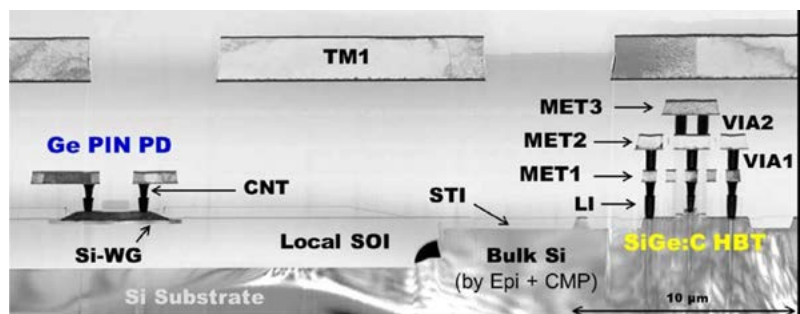


Bild 2: Querschnitt durch einen integrierten elektronisch-photonischen Schaltkreis, rechts die Transistorstrukturen, links optische Wellenleiter und Photodioden (Quelle: IHP GmbH)