

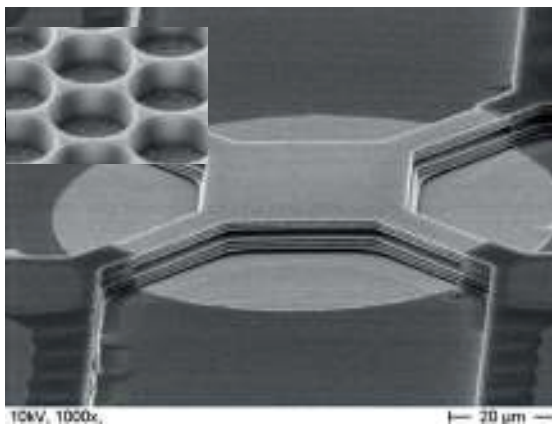
# Optoelektronische Bauelemente für die höchstbitratige Tele- und Datenkommunikation

Nanotechnologie  
in der Praxis



Nähere Informationen zu Märkten sowie künftige Materialien, Ausrüstung, Prozesse und Anwendungen an der Schnittstelle von Nanotechnologie und Photonik bietet die kürzlich erschienene europäische Roadmap für „Merging Optics & Nanotechnologies (MONA)“:  
[www.ist-mona.org](http://www.ist-mona.org)

In der Tele- und Datenkommunikation haben sich die Übertragungsraten der schnellsten Datennetze in den letzten acht Jahren auf zehn Gigabit (Gbit) pro Sekunde verdreifacht. Möglich wurde dies erst durch den Wechsel von elektrischer Übertragung mittels Kupferleitungen zur Übertragung mit Licht in Glasfasern. Bei dieser glasfaserbasierten Datenübertragung werden Signale von mehreren Lasern parallel über eine Glasfaser auf verschiedenen Wellenlängen gesendet und auf der Empfängerseite mit Hilfe schmalbandiger Filter wieder getrennt. Der Weltmarkt der hier bereits seit etwa 20 Jahren kommerziell eingesetzten optoelektronischen Bauelemente, wie Laserdioden, Verstärker, Schalter und Filter, deren Funktion unter anderem auf nanoskaligen Halbleiterschichten (Quantum Wells) beruht, wird für 2009 auf 2.500 Millionen US-Dollar geschätzt.



Durchstimmbarer Fabry-Pérot Filter, bestehend aus zwei InP/Luftspaltspiegeln, die eine Kavität einschließen. Mit Hilfe von Photonischen Kristallstrukturen (im Bild oben links) auf der Filterfläche ist es möglich, weitere optische Eigenschaften, wie zum Beispiel die Polarisation, zu beeinflussen.  
(Quelle: INA, Uni Kassel)

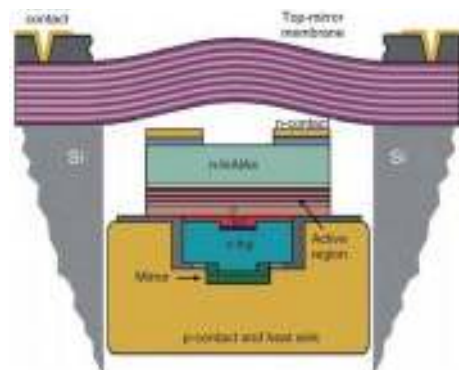
Die Forschung auf dem Gebiet der photonischen Bauelemente in der Kommunikationstechnik hat sich in den letzten Jahren, neben der Steigerung von Modulationsbandbreiten, verstärkt mit der Entwicklung vielseitig einsetzbarer Lösungen beschäftigt. Dies sind insbesondere Laser und Photodetektoren, deren Wellenlänge beispielsweise durch eine elektrische Spannung verändert werden kann. Aber auch Licht emittierende Strukturen auf Basis von Quantenpunkten, mit deren Hilfe eine genaue Kontrolle der Wellenlänge möglich ist und sogar neue Spektralbereiche erschlossen werden können, sind Gegenstand aktueller Entwicklungsarbeiten. Exemplarisch sollen zwei Bauelemente vorgestellt werden, die sich durch Bestwerte in den jeweiligen Anwendungsgebieten auszeichnen.

## Elektrisch einstellbare optische Filter

Die Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Hartmut Hillmer am INA (Universität Kassel) entwickelt optische Filter in MEMS-Technologie (Mikro-Elektro-Mechanische-Systeme) deren Anwendungen im Spektralbereich ab 1 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) liegen und nach dem Prinzip des Fabry-Pérot-Interferometers aufgebaut sind. Zwei parallele Bragg-Spiegel, die aus mehreren Schichtstapeln zweier Materialien mit unterschiedlichen Brechungsindizes bestehen, schließen eine Kavität ein. Da die Länge der Kavität die Filterwellenlänge bestimmt, kann diese durch Änderung des Spiegelabstands durchgestimmt werden. Mit einer Spannung von wenigen Volt kann die Wellenlänge so elektrostatisch um bis zu 220 Nanometer (nm) variiert und mit nur einem Filter verschiedene Übertragungskanäle selektiert werden.

## Laserdioden mit variabler Lichtwellenlänge

Vertikal angeordnete Strukturen, wie der Fabry-Pérot-Filter, können zu integrierten Bauelementen, wie zum Beispiel durchstimmbaren Photodetektoren oder Lasern, weiterentwickelt werden. In den Arbeitsgruppen von Prof. Dr. Peter Meissner (TU Darmstadt) und Prof. Dr. Markus-Christian Amann (WSI, TU München) wurde gemeinsam ein vertikal emittierender Laser (VCSEL) für eine Wellenlänge von 1550 nm hergestellt, die jedoch dynamisch um 40 nm variiert werden kann. So können beispielsweise mit einem Bauelement mehrere Übertragungskanäle angesteuert und Veränderungen der Senderwellenlänge durch Alterungseffekte ausgeglichen werden.



VCSEL-Struktur mit vergrabenen Tunnelkontakt (BJT - Buried Tunnel Junction) und dielektrischen Bragg-Spiegeln  
(Quelle: WSI, TU München).