

Kurzfassung der Dissertation:

## **„Entwicklung neuer optischer Methoden für die Charakterisierung des Halbleiters Ga(NAsP) - welche Perspektiven bieten holographische Verfahren?“**

Von Nektarios Koukourakis, *Lehrstuhl für Photonik und Terahertztechnologie*

Das neue Halbleiterlasermaterialsystem Ga(NAsP) ist ein sehr vielversprechender Kandidat für die Entwicklung von optoelektronischen integrierten Schaltkreisen, da es gitterangepasst auf Silizium gewachsen werden kann und dadurch erst den Weg zur Realisierung von elektrisch gepumpten Lasern auf Silizium ebnet könnte.

Ein Ziel dieser Arbeit ist es, mit der optischen Charakterisierung zur Optimierung des Materialsystems beizutragen. Dafür wurden zunächst gängige Messmethoden, wie die zeit- und temperaturaufgelöste Photolumineszenzmessungen genutzt, um mittels einer Vielzahl von verschiedenen Proben Einflüsse wichtiger Wachstumsparameter, auf die optische Qualität des Materials, zu analysieren. Dabei konnte zum Beispiel nachgewiesen werden, dass ein erhöhter Stickstoffgehalt in diesem Materialsystem mit einer höheren optischen Qualität korreliert, was sich in einer reduzierten Ausprägung von Unordnungseffekten äußert. Zusätzlich geht ein erhöhter Stickstoffgehalt mit höheren Verstärkungswerten einher, welche mit der optischen Strichlängenmethode gemessen wurden. Die Werte erreichen bei Raumtemperatur bis zu  $100 \text{ cm}^{-1}$ , was in der Größenordnung der heute kommerziell erhältlichen Lasermaterialien liegt. Das unterstreicht das enorme Potenzial von Ga(NAsP).

Im nächsten Entwicklungsschritt für das neue Materialsystem müssen prozessierte Laserbauelemente charakterisiert werden. Die hierfür bisher eingesetzten Messmethoden sind entweder nur sehr eingeschränkt nutzbar oder erfordern einen höheren Entwicklungsstand, als er derzeit zur Verfügung steht. Deshalb befasst sich der zweite Teil der Arbeit mit der Frage, ob holographische Messmethoden die Möglichkeit bieten, diese Limitierungen zu umgehen.

Dadurch, dass die Holographie Zugang zu Amplitude und Phase von optischen Wellen erlaubt, ermöglicht sie Aussagen über die Verstärkung und über den Brechungsindex von Lasermaterialien zu treffen. Entsprechend wurde in dieser Arbeit erstmals nachgewiesen, dass es mit der Holographie relativ einfach möglich ist, den wichtigen  $\alpha$ -Faktor zu messen, der das Zusammenspiel zwischen Verstärkung und Brechungsindex von Laserdioden beschreibt. Zusätzlich wurde mit der photothermischen digitalen Holographie (PDH) eine Methode entwickelt, die thermische Effekte an optisch gepumpten Proben detektieren kann und es dadurch ermöglicht, thermische Materialkonstanten zu bestimmen.

Um die Einsatzmöglichkeiten der Holographie zu erweitern, wurden neue holographische Konzepte erarbeitet, welche die Schwächen der digitalen Holographie adressieren, die auftreten, wenn z.B. eine Probe aus mehreren Schichten besteht, eine Messung sehr lange dauert oder die Probe sich in streuender Umgebung befindet. Mit der tiefengefilterten digitalen Holographie (depth-filtered, DFDH), der Einzelschussholographie und der verstärkten digitalen Holographie (amplified, ADH) wurden Methoden entwickelt, die die Problematiken lösen können und die Holographie auch für andere Anwendungen, z.B. in der biomedizinischen Bildgebung, einsetzbar machen.

Die Arbeit hat unter dem Strich gezeigt, dass die Holographie ein mächtiges Werkzeug ist, deren Einsatzmöglichkeiten in der Halbleitercharakterisierung bei Weitem noch nicht erschöpft sind. Mit der Nutzung dieser holographischen Verfahren könnten neue vielversprechende Lasermaterialsysteme, wie z.B. Ga(NAsP) eine schnellere und effizientere Optimierung erfahren.