

## **Kurzzusammenfassung „Diodenlasersysteme für Anwendungen in Terahertztechnologie und Zwei-Photonen Polymerisation“, Nils Surkamp**

In dieser Dissertation wird die Anwendung von Diodenlasersystemen für die Anwendungen Zwei-Photonen Polymerisation (2PP) und Terahertztechnologie demonstriert.

Zunächst wurde der Einsatz eines Lasers mit einem Y-förmig verzweigtem Resonator zur Erzeugung von kontinuierlicher Terahertzstrahlung (cw-THz) mittels photoleitenden Antennen demonstriert. Durch spektral selektive Rückkopplung in den Verzweigungen des Laserresonators wird ein zur Erzeugung von cw-THz geeignetes optisches Spektrum emittiert. Die erzeugte Terahertzfrequenz konnte durch Veränderung des Pumpstroms verstimmt werden, wodurch Messungen im Frequenzbereich ohne Verzögerungsstrecke möglich sind. Anhand von Siliziumwaferproben verschiedener Dicke wurde gezeigt, dass mit dieser Technik der Brechungsindex und die Probendicke unabhängig voneinander bestimmt werden können. Die hierbei eingesetzte Laserstruktur weist gegenüber bisher genutzten Systemen den Vorteil auf, dass eine Implementierung in photonisch integrierte Systeme leichter realisierbar ist.

Im Rahmen dieser Dissertation wurden darüber hinaus modengekoppelte Diodenlaser, welche ultrakurze Lichtpulse erzeugen, für die gepulste Terahertztechnologie und die Zwei-Photonen Polymerisation (2PP) eingesetzt.

Die 2PP ist ein Laserbasiertes 3D-Druck Verfahren. Durch selektives Aushärten eines Polymers mit einem Ultrakurzpulslaser können Bauteile gefertigt werden, deren kleinsten Strukturgrößen bis zu 100 nm klein sein können. Im Rahmen dieser Arbeit konnte gezeigt werden, dass Diodenlasersysteme zur 2PP eingesetzt werden können. Zunächst wurde mit einem komplexen Diodenlasersystem, welches eine Beeinflussung der optischen Leistung sowie der Pulslänge erlaubt, der effektiv nutzbare Parameterbereich untersucht sowie geometrisch komplexe Mikrostrukturen erzeugt. Anschließend konnte gezeigt werden, dass auch mit einem hochkompakten Laser eine Polymeraushärtung durch mehrfaches Überschreiben möglich ist. Diese Erkenntnis ermöglicht die Konstruktion eines kompakten 2PP-Systems, welches zum Patent angemeldet wurde.

Für die gepulste Terahertztechnologie wurde mit zwei modengekoppelten Diodenlasern ein asynchron abtastendes Terahertzsystem realisiert. Solche Systeme basieren darauf, dass geringe Unterschiede in der Pulswiederholrate an Sende- und Empfangsseite einen Zeitversatz ergeben, welcher zur Abtastung genutzt wird. Mit dem diodenlaserbasierten System konnten hierbei Frequenzanteile im abgetasteten Terahertzspektrum bis 250 GHz detektiert werden. Die Limitierung der Maximalfrequenz entstand hierbei durch die verwendete Detektionselektronik. Darüber hinaus wurde eine Möglichkeit entwickelt und zum Patent angemeldet, welche den Zeitversatz zwischen zwei Pulszügen elektronisch kontrolliert. Dies soll in zukünftigen Arbeiten auch zur Abtastung von Terahertzpulsen genutzt werden.

Es konnte gezeigt werden, dass Diodenlaser und Diodenlasersysteme für die drei betrachteten Anwendungsfelder sehr gut geeignet sind. Zwar können bestehende Systeme, welche nicht auf Diodenlasern beruhen, höhere technische Spezifikationen erfüllen, jedoch liegt der große Vorteil von Diodenlasern insbesondere in der potenziellen Kostenskalierung. Während konventionell eingesetzte Ultrakurzpulslaser (Ti:Saphir- oder Faserlaser) aus diskreten Komponenten aufgebaut werden müssen, können Diodenlaser mittels Mikrotechnologischer Fertigung in großen Stückzahlen hergestellt werden. Durch die erzielbare Kostenreduktion in einem kommerziellen System können so neue Nutzerkreise, wie zum Beispiel mittelständische Unternehmen oder Forschungsgruppen ohne entsprechende Expertise zum Aufbau eines solchen Systems, erschlossen werden.

## **Schlagworte:**

Diodenlaser (Diode Laser)

Diodenlasersysteme (Diode Laser Systems)

Modengekoppelte Diodenlaser (Mode-Locked Diode Laser)

Ultrakurze Lichtpulse (Ultrashort Light Pulses)

Monolithisch Modengekoppelte Diodenlaser (Monolithic Mode-Locked Diode Laser)

Modengekoppelte Diodenlaser Mit Externem Resonator (External Cavity Mode-Locked Diode Lasers)

Passive Modenkopplung (Passive Mode-Locking)

Hybride Modenkopplung (Hybrid Mode-Locking)

Zwei-Farben Laser (Two-Color Laser)

Y-Verzweigter Diodenlaser (Y-Branch Diode Laser)

Photonisch Integrierte Systeme (Photonic Integrated Systems)

Photonische Terahertztechnologie (Photonic Terahertz Technology)

Kontinuierliche Terahertztechnologie (Continuous Wave Terahertz Technology)

Photoleitende Antennen (Photoconductive Antennas)

Charakterisierung von Silizium Wafern (Characterization Of Silicon Wafers)

Bestimmung Von Probendicke Und Brechungsindex Von Silizium Wafern (Determination Of Sample Thickness And Refractive Index Of Silicon Wafers)

Terahertz Zeitbereichsspektroskopie (Terahertz Time-Domain Spectroscopy)

Terahertz Pulse (Terahertz Pulses)

Asynchrone Optische Abtastung (Asynchronous Optical Sampling)

Zwei-Photonen Polymerisation (Two-Photon Polymerization)

Diodenlaserbasierte Zwei-Photonen Polymerisation (Diode Laser Based Two-Photon Polymerization)