

Fachbereich Angewandte Naturwissenschaften  
Studiengang Physikalische Technik

# Bachelorarbeit

über das Thema

## Optisch gepumpter Halbleiterlaser mit passiv vibrationsdesensibilisiertem Resonator

### Kurzfassung

Resonatorintern frequenzverdoppelte, optisch gepumpte Halbleiterlaser (engl. Optically Pumped Semiconductor Laser, kurz OPSL) auf Basis von Indiumgalliumarsenid (In-GaAs) werden in Lübeck seit über zehn Jahren unter der Produktbezeichnung Sapphire produziert. Die Laser arbeiten sehr rauscharm CW (engl. Continuous Wave), zeichnen sich durch ein sehr gutes Strahlprofil (beugungsbegrenzt) aus und haben die Tendenz, longitudinal einmodig zu operieren. Ziel des Unternehmens ist eine Erweiterung der Produktreihe in den ultravioletten sowie infraroten Spektralbereich.

OPSL lassen sich bezüglich der Wellenlänge „maßschneidern“: Durch Einbau von Indium (In) während der Epitaxie kann die Bandlücke von GaAs kontinuierlich verkleinert werden (engl. Band Gap Engineering); die emittierte Laserwellenlänge vergrößert sich folglich. Die damit erreichbare Wellenlängenspanne liegt ca. zwischen  $920\text{nm}$  und  $1200\text{nm}$ , d.h. frequenzverdoppelt zwischen  $460\text{nm}$  und  $600\text{nm}$ , somit im Sichtbaren.

Koppelt man das frequenzverdoppelte Licht in einen nachgeschalteten, abgestimmten Resonator (engl. Cavity) ein, so lässt sich in diesem die Leistung stark überhöhen (engl. Enhancement, Enhancement Cavity). Durch einen nichtlinearen Kristall in diesem Resonator lässt sich folglich sehr effizient CW UV-Licht erzeugen. Der mögliche

Wellenlängenbereich ist sehr interessant für Anwendungen im Bereich der Inspektion von Halbleitern (Wafer-Inspektion). Herkömmliche CW UV-Laser sind meistens groß und teuer. OPSL, welche insbesondere kompakt, preiswert, robust und vielseitig in der Industrie einsetzbar sind, besitzen also ein enormes Potenzial in diesem Spektralbereich.

Eine technische Schwierigkeit im Zusammenspiel mit einer Enhancement Cavity ist die permanente Resonanz-Abstimmung auf die Laserwellenlänge. Dies erfordert besondere Abschirmmaßnahmen für die Enhancement Cavity sowie eine schnelle Resonatorlängenregelung mittels Piezo-angetriebenem Spiegel.

Genauso wichtig ist auch, dass der Laser selbst kurzzeitig wellenlängenstabil arbeitet. Dieser sollte selbst ebenso vibrationsentkoppelt von der Umgebung und schallsoliert aufgebaut sein. Laser mit herkömmlichen externen Resonatoren verursachen jedoch bei Relativbewegungen zwischen Endspiegel und OPS-Chip (=absolute Resonatorlängenänderung) eine Wellenlängenänderung der im Resonator propagierenden Welle. Diese Relativbewegungen können durch Schallbelastungen oder mechanisches Rauschen (beispielsweise Wasserkühlung bei „High Power“-Anwendungen) verursacht werden, wobei die Trägerstruktur von Endspiegel und OPS-Chip ins Schwingen gerät.

Die Lösung dieses Problems kann ein spezielles Design des optischen Resonators sein, welches für eine invariante Resonatorlänge trotz Relativbewegungen zwischen Resonatorkomponenten sorgt: Endspiegel und OPS-Chip werden „Rücken an Rücken“ als eine quasimonolithische Einheit erzeugt bzw. vormontiert. Der optische Resonator wird um diese Einheit herum mit zwei gegenläufig gefalteten Armen aufgebaut. Die Komponenten des optischen Resonators müssen dabei ebenso starr miteinander gekoppelt sein. Um dies zu erreichen, werden jene Elemente auf einer isolierten, ultrasteifen Resonatorplatte aufgebaut. Durch die gegenläufigen Arme gilt: Eine Resonatorlängenänderung in einem Arm wird durch eine komplementäre Resonatorlängenänderung im gegenläufigen Arm kompensiert.

Die Resonatorplatte ist durch ein elastisches Element mit der Trägerstruktur, auf der Endspiegel und OPS-Chip installiert sind, verbunden und somit vibrationsisoliert. Gedämpfte Auslenkungen der Resonatorplatte sind aufgrund des oben beschriebenen Prinzips der Kompensation erlaubt und verhindern gleichzeitig, dass die Resonatorplatte selbst ins Schwingen gerät.

In dieser Bachelorarbeit wurde ein Laser mit diesem speziellen Resonator design auf einer isolierten Resonatorplatte aufgebaut und hinsichtlich der Wellenlängenstabilität mit einem Scanning Fabry-Perot-Interferometer charakterisiert. Dabei wurden Resonatorlängenänderungen für Auslenkungen der Resonatorplatte im Bereich weniger Wellenlängen zu über 97% kompensiert; der Betrag der Wellenlängenabweichung betrug also nur etwa 3% der Werte für nichtkompensierende Resonatoranordnungen.

**Verfasser:** Moritz Hinkelmann

**Abgabedatum:** 28.03.2014