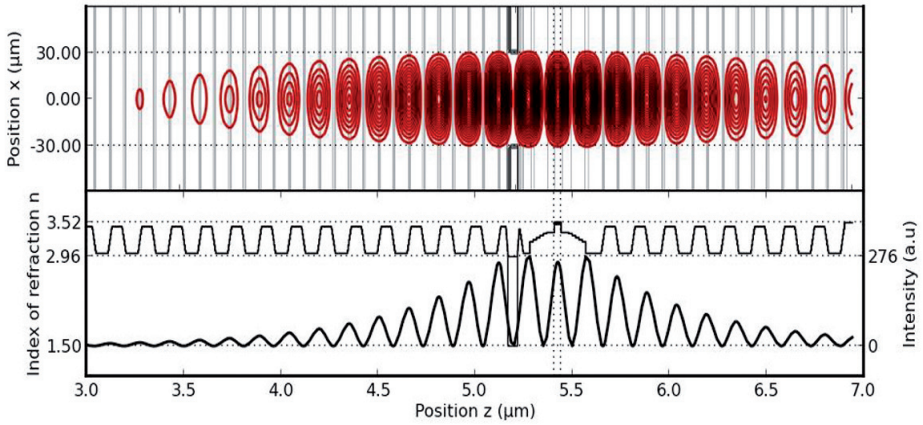

1

MODELLIERUNG UND SIMULATION VERTIKAL EMITTIERENDER DIODENLASER

Aufgabenstellung

Oberflächenemittierende Halbleiterlaser mit Vertikalresonator sind aufgrund ihrer Vorteile hinsichtlich der Herstellungskosten, der Modulierbarkeit, der Symmetrie des Strahlprofils und der einfachen Realisierbarkeit von Arrays ein erfolgreiches Konkurrenzkonzept zur konventionellen kantenemittierenden Variante. Monolithische Emitter (VCSEL) mit Ausgangsleistungen einzelner mW werden seit langem in der optischen Datenübertragung und Sensorik eingesetzt. Mit Hilfe von Arrays aus Hochleistungsemittern sind kW-Ausgangsleistungen bei niedriger Brillanz erzielbar. Brillante Emitter mittlerer Ausgangsleistung können durch Kombination der Halbleiterchips mit externer Resonatoroptik realisiert werden. Bislang konnten optisch-gepumpte Einzelemitter (OPSL) mit bis zu 100 W Ausgangsleistung im Grundmode demonstriert werden. Einen vielversprechenden Kompromiss aus Komplexität der Strahlquelle und erzielbarer Brillanz stellen elektrisch-gepumpte Emitter mit externem Resonator (VECSEL) dar. Am Fraunhofer ILT wurde innerhalb der letzten drei Jahre im Auftrag von Philips Photonics Simulationssoftware zum Zwecke der Optimierung von Resonatorgeometrie und Halbleiterschichtstruktur von Singlemode-VECSELn entwickelt.

Vorgehensweise

Zur Optimierung des Singlemode-VECSELs wurde Simulationssoftware zur Vorhersage der Leistungs- und Abstrahlcharakteristik in Abhängigkeit der Betriebsparameter sowie von Geometrieparametern des Resonators und der Zusammensetzung der Halbleiterheterostruktur entwickelt. Der Modellansatz besteht in der Lösung mikroskopischer Gleichungen zur Berechnung der Resonatoreigenlösungen, der Bandstruktur und Verstärkungsspektren der Aktivschichten sowie der Licht-Medium-Wechselwirkung. Elektrische und thermische Eigenschaften werden durch phänomenologische Gesetze berücksichtigt, deren Parameter experimentell ermittelt werden.

Ergebnis

In enger Zusammenarbeit mit begleitenden experimentellen Arbeiten konnten im Labor beobachtete Tendenzen bzgl. günstiger Resonatorgeometrien in Abhängigkeit der Qualität des Epitaxiematerials verstanden werden. Außerdem wurde ein zentrales Designkriterium für dielektrische, aktivschichtbegrenzende Halbleiterschichten (Oxidblenden) mit guten optischen Eigenschaften in VECSELn ermittelt. Im Anschluss an die Kooperation konnte die Ausgangsleistung der Singlemode-VECSELs von Philips Photonics um einen Faktor 4 gesteigert werden.

Anwendungsfelder

Potenzielle Anwendungsfelder von VECSELn sind das Pumpen von Festkörperlasern, die Lasermaterialbearbeitung, die Druck- und Beschriftungstechnik sowie die Spektroskopie.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Thomas Schwarz
Telefon +49 241 8906-657
thomas.schwarz@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann
Telefon +49 241 8906-206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

1 Numerisch berechnete Fundamentalmode eines VECSELs.

Änderungen bei Spezifikationen und anderen technischen Angaben bleiben vorbehalten. 04/2014.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, www.ilt.fraunhofer.de
DQS zertifiziert nach DIN EN ISO 9001, Reg.-Nr.: DE-69572-01