

Zusammenfassung

Das Spektrum eines Vielmodenlasers reagiert sehr empfindlich auf spektral unsteigig variierende Resonatorverluste. Dies kann zum Nachweis eines resonatorinternen Absorbers genutzt werden. Die „Absorptionsspektroskopie im Laserresonator“ (intracavity absorption spectroscopy, ICAS) ist höchstempfindlich; die erreichte Empfindlichkeit entspricht derjenigen herkömmlicher Absorptionsexperimente mit einigen zehn bis zu vielen tausend Kilometern Lichtweg. Extrem empfindliche Reaktion auf einen resonatorinternen Absorber zeigen Titan:Saphir- und insbesondere Farbstofflaser.

Diodengepumpte Faserlaser versprechen die Möglichkeit, die Erfolge von ICAS auf preiswerte, kompakte und transportable Laser zu übertragen und Sensoren für den Spurennachweis in Gasen herzustellen. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Anwendung von Stehwellen-Faserlasern für ICAS, mit der Bestimmung der Absorptionsempfindlichkeit und mit den Ursachen der Begrenzung der Absorptionsempfindlichkeit.

Es wird die Dynamik und Absorptionsempfindlichkeit je eines Nd^{3+} - und Yb^{3+} -dotierten Stehwellen-Faserlasers untersucht. Die Spektren dieser Faser-Laser werden mit Spektren aus der HITRAN-Datenbank verglichen und der Absorptionskoeffizient des resonatorinternen Absorbers direkt bestimmt.

Die Dynamik einzelner Moden in einem Nd^{3+} -Glas-Scheiben Lasers wird untersucht. Die beobachteten Schwankungen und Korrelationen werden durch räumliches Lochbrennen hervorgerufen und von einer numerischen Modellierung der Tang-Statz-deMars (TDSM) Ratengleichungen sehr gut wiedergegeben.

Die Empfindlichkeit eines Stehwellen-Vielmodenlasers gegen ICA und ihre Begrenzung durch räumliches Lochbrennen wird – im Rahmen des erweiterten TDSM-Modells – anhand numerischer Simulationen der Ratengleichungen untersucht. Dabei werden die Parameter eines typischen Faserlasers verwendet.

Ein diodengepumpter Nd^{3+} -Glas-Scheiben-Laser wird vorgestellt, mit dem – im Vergleich zum Faserlaser – die Empfindlichkeit um eine Größenordnung gesteigert werden konnte.

Abschließend wird mit dem Nachweis von C_6H_6 im Spektralbereich um 1132 nm die Anwendung von ICAS mit einem Nd^{3+} -dotierten Faserlaser demonstriert. Die erreichte Empfindlichkeit entspricht mehreren Kilometern Lichtweg durch den Absorber, womit das Potential der Methode gezeigt wird.

Abstract

The spectrum of a multimode laser shows very sensitive reaction on spectrally discontinuous variations of cavity loss. This can be used to detect an absorbing medium inside the cavity. The sensitivity of intracavity absorption spectroscopy (ICAS) corresponds to light paths in a conventional absorption experiment, which can reach some tens up to many thousand kilometres. Extreme sensitive reaction against an intracavity absorber is obtained with titan-sapphire- and especially with dye-lasers.

Diode pumped fibre lasers are promising candidates for combining the high sensitivity of ICAS with a compact, cheap and mobile design and thus for the construction of trace gas detection sensors. The present work deals with the application of standing wave fibre lasers for ICAS, determination of sensitivity against absorption and with possible reasons for the limitation of this sensitivity.

The dynamic and sensitivity against intracavity absorption is studied for a Nd^{3+} -doped fibre laser and a Yb^{3+} -doped fibre laser. Spectral calibration and direct determination of the absorption coefficient is obtained by comparison with spectra from HITRAN database.

The dynamic of longitudinal modes in a Nd^{3+} -doped glass slab laser is examined. Observed variations and correlation can be explained by spatial hole burning and are well reproduced with a numerical model based on the Tang-Statz-deMars rate equations.

The sensitivity of a standing-wave multimode laser against ICA is examined by numerical simulations of the extended Tang-Statz-deMars rate equations. Typical parameters of a fibre laser are used.

With a diode pumped Nd^{3+} -doped glass slab laser the sensitivity is enhanced by one order of magnitude, compared to the fibre laser.

Finally the detection of C_6H_6 in the spectral range of 1132 nm demonstrates the application of ICAS with a Nd^{3+} -doped fibre laser. The sensitivity obtained corresponds to several kilometres light path, showing the potential of the method.