

UNTERDRÜCKUNG VON STIMULIERTER RAMAN STREUUNG IN FASERLASERN SUPPRESSION OF STIMULATED RAMAN SCATTERING IN FIBER LASERS

Faserlaser sind in der Materialbearbeitung, z.B. in der Automobilindustrie zum Schneiden und Schweißen von Fahrzeugteilen, nicht mehr wegzudenken. Ihr Marktanteil wächst kontinuierlich. In den letzten zehn Jahren ist die Ausgangsleistung von grundmodigen Ytterbium-dotierten Faserlasern rapide angestiegen. Nichtlineare Effekte in den Fasern behindern allerdings eine weitere Skalierung ihre Ausgangsleistung. Bei einem CW-Faseroszillator spielt dabei die Stimulierte Raman Streuung (SRS) eine wesentliche Rolle. Es handelt sich dabei um einen Streueffekt von Photonen an optischen Phononen, der zu einem Leistungsverlust bei der Laserwellenlänge führt. Die Schwelle für SRS ist von der Faserlänge und der Leistungsdichte im Signalkern der Faser abhängig. Daher werden heutzutage für Faserlaser mit Ausgangsleistungen im kW Bereich sogenannte „Large Mode Area (LMA)-Fasern“ mit deutlich größeren Signalkernen, verglichen mit herkömmlichen Fasern, verwendet. Trotzdem ist SRS weiterhin einer der leistungsbegrenzenden Faktoren von CW-Faserlasern.

Am Fraunhofer IOF in Jena wurden daher im Rahmen des BMBF-Projektes 13N11972 (PT-VDI, TEHFA) Untersuchungen an Faserlasern durchgeführt, um die Schwelle von SRS zu höheren Leistungen zu verschieben. In einem Experiment wurde bei einem monolithischen Faserlaser, bestehend aus fasergekoppelten Pumpdioden, einem Pumplichtkoppler mit Signaldurchführung, einem hochreflektierendem Faser-Bragg-Gitter (FBG), einer Ytterbiumdotierten Doppelkernfaser und einem

Fiber lasers have become indispensable in material processing, one example being cutting and welding processes in the automotive industry. Their market share is continuously growing, and the output power of diffraction limited ytterbium doped fiber lasers has grown rapidly in the last ten years. Nonlinear effects in fibers, however, limit further power scaling. Stimulated Raman Scattering (SRS) plays an important role in a cw fiber oscillator. Photons are scattered on optical phonons, resulting in a power loss at the laser wavelength. The SRS threshold depends on the fiber length and power density in the signal core of the fiber. Large Mode Area (LMA) fibers with a significantly larger signal core compared to conventional fibers are therefore currently used for fiber lasers with output powers in the kW range. Nevertheless, SRS is still a factor limiting output power in cw fiber lasers.

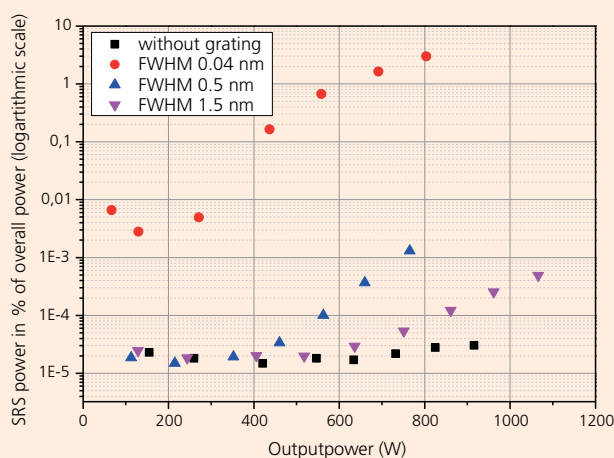
As part of BMBF project no. 13N11972 (PT-VDI, TEHFA), studies on increasing the SRS threshold to higher output powers have been carried out at Fraunhofer IOF. Using a monolithic fiber laser consisting of fiber coupled pump diodes, a pump light combiner with signal transmission, a high reflecting Fiber Bragg Grating (FBG), an ytterbium doped double clad fiber, and a low reflecting FBG (LR grating), the influence of the spectral width of the LR grating on the amount of SRS has been investigated. The reflectivity of LR gratings with spectral widths of 0.04 nm, 0.5 nm, and 1.5 nm (FWHM), respectively, was 10%. It could be shown that the amount

niedrig reflektierendem FBG (LR-Gitter), die spektrale Breite des LR-Gitters variiert und der Einfluss auf den Anteil von SRS bezüglich der Gesamtleistung untersucht. Alle LR-Gitter hatten eine Reflektivität von 10 %. Ihre spektrale Breite lag bei 0,04 nm, 0,5 nm bzw 1,5 nm (FWHM). Es konnte dabei gezeigt werden, dass mit den breiteren LR-Gittern der Anteil von SRS im verwendeten Versuchsaufbau um mehrere Größenordnungen gesenkt werden konnte (siehe Abbildung 2) /1/. Diese Erkenntnisse sind direkt in die Realisierung eines monolithischen 1 kW Faserlasers eingeflossen, bei dem trotz einer 34 m langen aktiven Faser die Unterdrückung von SRS im Vergleich zur Signalwellenlänge bei 50 dB lag. Basierend auf diesen Ergebnissen wird nun eine weitere Skalierung der Ausgangsleistung von Faserlasern am IOF vorangetrieben.

of SRS reduces by several orders of magnitude using broad LR gratings (see figure 2) /1/, which enabled the feasibility of a monolithic 1 kW fiber laser with a suppression of SRS compared to the signal wavelength of 50 dB despite a 34 m active fiber. Based on this result, further power scaling of fiber lasers will be investigated at Fraunhofer IOF.

References / Literatur

/1/ Liem, A. et al.: Experimental analysis of the influence of the spectral width of out-coupling Fiber Bragg Gratings to the amount of Stimulated Raman Scattering in a cw kW fiber oscillator, Advanced Solid State Photonics 2013, Paris, France, poster JTh2A.32.



2 SRS-Anteil für versch. Ausgangsleistungen und Oszillator-konfigurationen. | SRS power for different output powers and oscillator configurations.

AUTHORS

Andreas Liem
Erik Freier
Christian Matzdorf
Volker Reichel
Thomas Schreiber
Ramona Eberhardt
Andreas Tünnermann

CONTACT

Dr. Andreas Liem
Phone +49 3641 807-397
andreas.liem@iof.fraunhofer.de