

1

## UNTERDRÜCKUNG STIMULIERTER RAMAN-STREUUNG IN DC-FASERVERSTÄRKERN

## SUPPRESSION OF STIMULATED RAMAN SCATTERING IN DC FIBER AMPLIFIERS

Master oscillator power amplifier (MOPA) Systeme basierend auf double clad (DC) Faserverstärkern sind zurzeit das Mittel der Wahl für die Erzeugung von beugungsbegrenzter Laserstrahlung hoher Durchschnittsleistung. Ein wesentliches Limit für weitere Leistungssteigerung ist die stimulierte Ramanstreuung (SRS). Die Möglichkeit, langperiodische Gitter (LPGs) entlang einer Faser anzuordnen, um die Stokes-Wellenlänge aus dem Kern in den Mantel zu koppeln, ist ein neuer und sehr vielversprechender Ansatz. Da eine Extinktion der Stokes-Wellenlänge von über 20 dB pro LPG recht einfach erzielt werden kann, würde ein LPG pro Meter Faser zu einer effektiven Dämpfung der Stokes-Wellenlänge von 20 dB/m führen. Das ist sehr viel mehr, als heutige beispielsweise spektral selektive Faserdesigns erreichen. Drei dieser LPGs wurden in einen DC-Faserverstärker integriert (Abb. 1). Abbildung 3 zeigt die Spektren, welche ohne und mit LPGs bei gleicher Ausgangsleistung aufgenommen wurden, wie in Abb. 1 beschrieben.

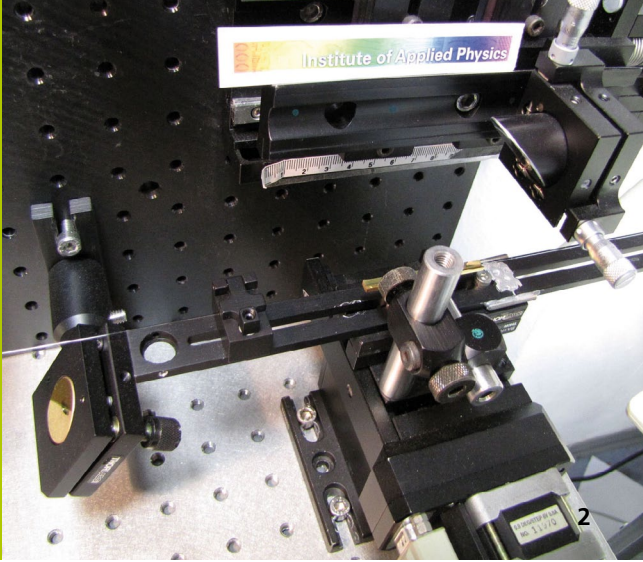
Master oscillator power amplifier (MOPA) systems based on double clad (DC) fiber amplifiers are the current source of choice for diffraction-limited laser systems with high average power. One of the main limits for further power scaling is stimulated Raman scattering (SRS). The possibility of lining up LPGs along a double-clad fiber amplifier to couple the Stokes wavelength out of the fiber core and into the cladding is a new and very promising approach. Since an extinction of more than 20 dB per LPG for the Stokes wavelength can be easily achieved, employing e. g. one LPG per meter in a fiber amplifier would result in an effective attenuation of the Stokes wavelength of 20 dB/m, which is much higher than that provided by any other spectrally selective fiber designs proposed to date. We have developed a setup to write LPGs in undoped double-clad fibers with low insertion losses at the signal wavelength by using a CO<sub>2</sub> laser. These LPGs were integrated into a DC fiber pulse amplifier (Fig. 1). Figure 3 shows the output spectra that were recorded without and with the LPGs as shown in Fig. 1.

1 *Schema des Testaufbaus für die Raman-Unterdrückung mit langperiodischen Gittern (LPGs).*

1 *Scheme of test setup for Raman suppression with long period gratings (LPGs).*

2 *Aufbau für das direkte Schreiben eines LPGs in eine Faser mit Hilfe eines CO<sub>2</sub>-Lasers.*

2 *Setup for direct inscription of an LPG into a fiber by means of a CO<sub>2</sub> laser.*

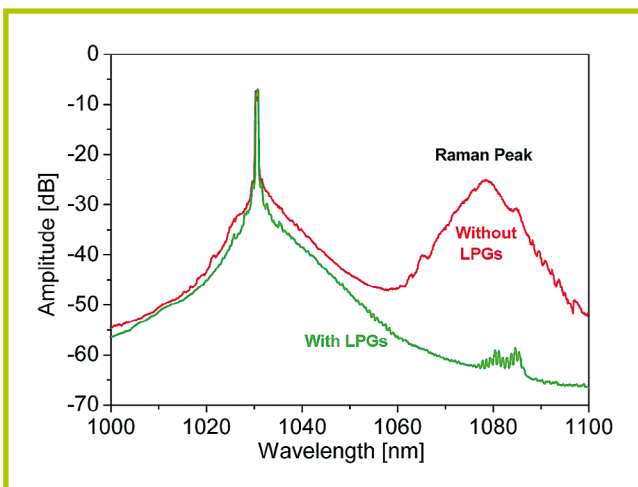


Die Spektren zeigen deutlich, dass der Leistungsanteil der Ramanstreuung mit Hilfe der LPGs bei gleicher Leistung beträchtlich reduziert werden konnte. Effektiv konnte die extrahierbare, Raman-freie Leistung des Faserverstärkers mit nur drei LPGs verdoppelt werden. Eine numerische Simulation zeigt exzellente Übereinstimmung mit dem experimentellen Befund. Aufgrund der geringen Signaldämpfung der LPGs ist die Verringerung der Verstärkereffizienz durch die LPGs vernachlässigbar.

LPGs stellen eine hochinteressante Möglichkeit zur Leistungssteigerung von Lasersystemen dar, die in naher Zukunft noch kompaktere und leistungsfähigere Hochleistungsfaserlaser für die industrielle Materialbearbeitung ermöglichen werden.

The spectra reveal clearly that the amount of power converted to the Raman wavelength could be reduced substantially at the same output power. We were able to effectively double the amount of extractable, Raman-free output power with this approach. A simulation solving the coupled rate equations for the amplifier setups shows excellent agreement with the experiment. The low signal insertion losses of the LPGs lead to a negligible decrease of amplifier efficiency.

LPGs are an interesting option for further power scaling of fiber laser systems, which will allow for even more compact and powerful highpower fiber lasers for industrial material applications in the near future.



3 Spektrum des gleichen Faserverstärkers ohne und mit LPGs bei gleicher Ausgangsleistung. | Output spectrum of the same fiber amplifier without and with LPGs at equal peak power.

## AUTHORS

Dirk Nodop<sup>1</sup>

Florian Jansen<sup>1</sup>

Cesar Jauregui<sup>1</sup>

Jens Limpert<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Institut für Angewandte Physik,  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

<sup>2</sup> Fraunhofer IOF

## CONTACT

Prof. Dr. Jens Limpert

Phone +49 3641 947-811

jens.limpert@iof.fraunhofer.de