



Mirosław Rekas



Eva Mehner



Christoph Damm



Christian Wirth



Thomas Schreiber

Im Rahmen eines internen Forschungsprogramms der FhG wurde ein gepulstes (ns) Hochleistungsfaserlasersystem hoher Puls wiederholrate aufgebaut.

Der Faserlaser besitzt einen gütegeschalteten Resonator. Das aktive Element ist eine spezielle photonische Doppelkernfaser mit hoher Pumplichtabsorption (30 dB/m) /1/. Der damit mögliche kurze Resonator erlaubt eine kurze Pulsdauer im gütegeschalteten Betrieb. Weiterhin erlaubt die Faser hohe mittlere Leistungen und damit hohe Puls wiederholraten. Die mikrostrukturierte Faser verfügt über einen Pumpkern mit einem Durchmesser von 200 µm bei einer numerischen Apertur (NA) von 0,55 und einem Laserkern mit einem Durchmesser von 70 µm bei einer NA von nur 0,03. Damit kann nahezu beugungsbegrenzte Strahlung erzeugt werden. Der Aufbau wurde experimentell erfolgreich im Labor des IAP der FSU Jena demonstriert /2/. Für die Umsetzung in einen Prototyp wurden ein optimiertes Optikdesign für die Strahlgeometrie im Resonator sowie eine optimierte Pumplichteinkopplung entworfen. Weiterhin wurden eine thermische Analyse und das Kühlkonzept für die Faser und Pumpdioden erstellt und das mechanische Design und die Elektroniksteuerung erarbeitet (Abb. 1). Die thermische Analyse war aufgrund der durch den Laserprozess in der Faser erzeugten und abzuführenden Wärme nötig. Zum Abführen der Wärme wurde die Faser in einen passiv gekühlten Aluminiumkörper eingebettet.

Durch das mechanische Design wurde der optische Aufbau von den Schwingungen und thermischen Lasten der Versorgungseinheit (Lüfter, Netzteile etc.) entkoppelt, sodass die Integration aller Bauteile in einem Gehäuse vollzogen werden konnte (Abb. 2).

Damit weist das System nur zwei elektrische Schnittstellen auf: Stromversorgung und USB-Steuerung.

Die wichtigsten Kenndaten des Lasersystems (Abb. 3, Abb. 4) sind:

- Abmessungen (WHL):  
230 mm x 310 mm x 950 mm,
- linear polarisiertes Licht,
- $M^2_{x/y} = 1,65/1,5$ ;  
Messmethode: 90/10  
(spiricon™ M<sup>2</sup>-200),
- $\lambda = 1031$  nm,  $\Delta\lambda = 1,7$  nm (Abb. 3),
- Pulsdauer, Pulsenergie:  
15 ns @ 0,5 mJ (Abb. 4),
- Wiederholfrequenz:  
30 kHz–100 kHz,
- Mittlere Leistung: max. 25 W.

Der Laser wurde zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Werkstoff und Strahltechnik Dresden in eine Beschriftungseinheit integriert. Diese wurde funktionstüchtig auf der Laser 2007 in München vorgestellt. Eine weitere Skalierung der Ausgangsparameter im aktuellen Aufbau wird angestrebt.

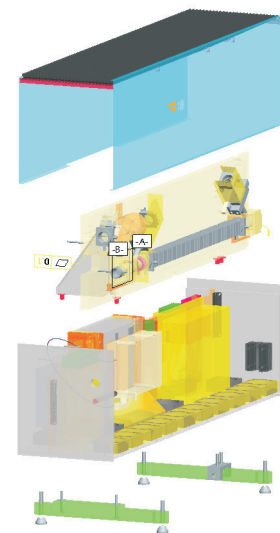
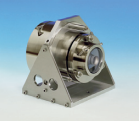


Abb. 1:  
Systemaufbau (Explosionsdarstellung).

Fig. 1:  
Exploded view of the system.



In the framework of the internal research program (MAVO) of the Fraunhofer-Gesellschaft a high power fiber laser system operating in ns-, high repetition rate regime was constructed.

The fiber laser consists of a q-switched resonance cavity. A fiber of special design (high absorption 30 dB/m, double clad, photonic crystal fiber) was chosen for the active medium of the laser. Short absorption length allows for small pulse duration in the q-switched mode. Additionally, the fiber design enables high average power and, as a consequence, higher repetition rates. The micro-structured fiber consists of a pump core with a 200  $\mu\text{m}$  diameter and a numerical aperture (NA) of 0.55 as well as laser core with 70  $\mu\text{m}$  diameter and an NA of only 0.03. These parameters made it possible to achieve a nearly diffraction limited beam. The laboratory model of the system was successfully demonstrated at the Institute for Applied Physics (IAP) /2/. During the prototype realization, the optimized optical design of the beam in the resonator cavity and optimized pump coupling were developed. Furthermore, a thermal analysis and cooling concept for both, the fiber as well as for the pump diode, were developed; the mechanical design and electronic control of the device were also elaborated (Fig. 1). The thermal analysis of the system was necessary because of the heat generated in the fiber itself (a consequence of laser process occurring in the active medium). In order to dissipate the heat, the fiber was incorporated into a passively cooled aluminum heat sink.

The mechanical design provides both vibrational and thermal isolation from the supply part (fans, power supply etc.) of the system. It made the integration of all system components into one unit possible (Fig. 2), so that the device features two electrical interfaces only: power supply and USB-based control.

The most important features of the laser system (Fig. 3, Fig. 4)

- dimensions (WHL): 230 mm x 310 mm x 950 mm,
- linear polarized light,
- $M^2_{x/y} = 1.65 / 1.5$
- measurement method: 90/10 (spiricon™ M2-200),
- $\lambda = 1031 \text{ nm}$ ,  $\Delta\lambda = 1.7 \text{ nm}$  (Fig. 3),
- pulse width/energy: 15 ns @ 0.5 mJ (Fig. 4),
- repetition rate: 30 kHz–100 kHz,
- average power: max. 25 W.

In collaboration with the Fraunhofer Institute for Material and Beam Technology (IWS, Dresden) the laser was integrated into marking system unit. The fully functional system was exhibited at the Laser 2007 tradeshow in Munich. Further scaling of the laser output parameters is intended.

#### References:

- /1/ Limpert, J.; Deguil-Robin, N.; Manek-Hönninger, I.; Salin, F.; Röser, F.; Liem, A.; Schreiber, T.; Nolte, S.; Zellmer, H.; Tünnermann, A.; Broeng, J.; Petersson, A.; Jakobsen, C.: High-power rod-type photonic crystal fiber laser, *Opt. Express* 13, 1055–1058 (2005).
- /2/ Schmidt, O.; Rothhardt, J.; Röser, F.; Linke, S.; Schreiber, T.; Rademaker, K.; Limpert, J.; Ermeneux, S.; Yvernault, P.; Salin, F.; Tünnermann, A.: Millijoule pulse energy Q-switched short-length fiber laser, *Opt. Lett.* 32, 1551–1553 (2007).

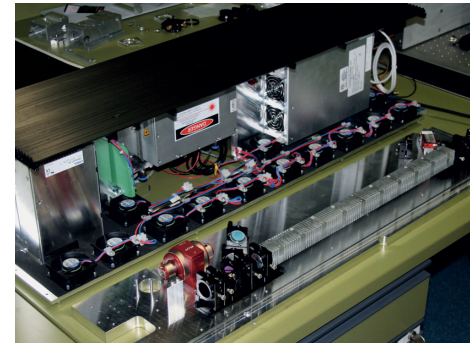


Abb. 2:  
Faserlasersystem.

Fig. 2:  
Fiber laser system.

Abb. 3:  
Ausgangsspektrum.

Fig. 3:  
Output spectrum.

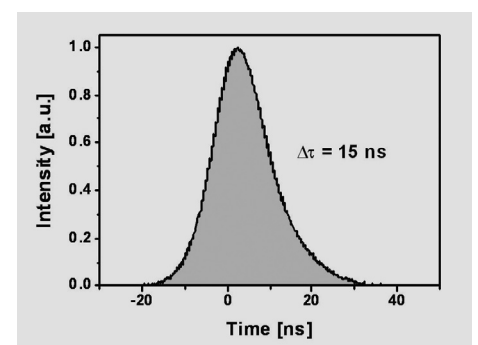
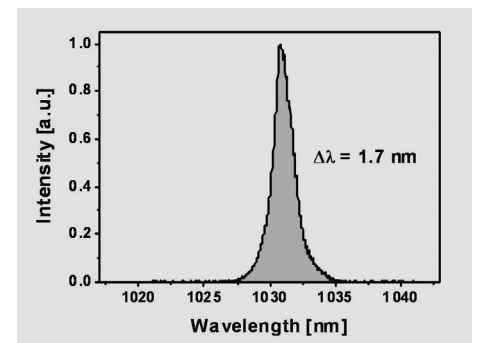


Abb. 4:  
Zeitliches Pulsprofil.

Fig. 4:  
Temporal pulse profile.