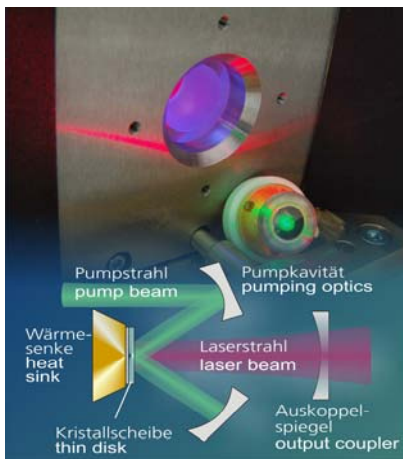


Scheibenlaser bei 2 μm

Thin-disk laser at 2 μm

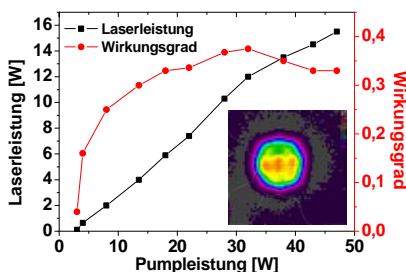
Prinzip des Scheibenlasers

Principle of the thin-disk laser



Ausgangsleistung, Wirkungsgrad und Strahlprofil eines Ho:YAG Scheibenlasers im Dauerstrichbetrieb

Output power, efficiency and beam profile of a cw Ho:YAG thin-disk laser



Im Wellenlängenbereich um 1 μm hat sich der Scheibenlaser bereits als geeignetes Konzept zum Erzielen von Ausgangsleistungen von mehreren Kilowatt mit hohen Wirkungsgraden und guter Strahlqualität erwiesen; dies sind wichtige Faktoren für die Materialbearbeitung. Die Verwendung anderer aktiver Medien wie z.B. Holmium-dotiertes YAG erlaubt die Erschließung neuer Wellenlängen und Anwendungsbereiche.

Beim Scheibenlaser besteht das aktive Medium aus einer rund 200 μm dünnen Kristallscheibe, die auf einer Wärmesenke aufgebracht ist. Der Pumpstrahl wird mittels einer Umlenkoptik mehrfach auf die rückseitig verspiegelte Scheibe abgebildet, um eine hohe Absorption der Pumpleistung zu erreichen. Die höchst effiziente Wärmeabfuhr durch die Scheibenrückseite erlaubt einerseits sehr hohe Pumpleistungsdichten, andererseits wird aufgrund der Kollinearität von Laseremission und Temperaturgradient innerhalb der Scheibe die thermische Linsenwirkung minimiert. Die Scheibe selbst ist dabei - entweder als End- oder als Umlenkspiegel - Bestandteil des Laserresonators.

Holmium-dotierte Materialien sind ein vielversprechender Ansatz, um im Scheibenlaserdesign hohe Leistungen mit hoher Strahlqualität bzw. hohe Pulsenergien im Bereich um 2 μm zu erzielen. Als Pumpquellen kommen hierbei entweder Laserdioden bei 1,91 μm oder Tm-Faserlaser in Frage. Aufgrund des kleinen Quantendefekts ist dabei die intrinsische Wärmeerzeugung gering.

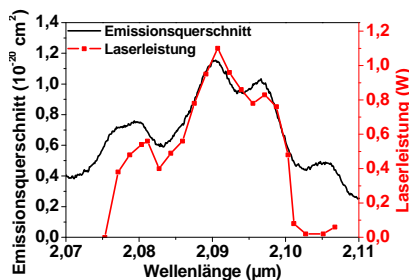
The thin-disk laser has already proven itself in the 1 μm wavelength range as a suitable concept for achieving output powers of several kilowatts with high conversion efficiency and good beam quality which are important factors for material processing applications. The use of different active media such as Holmium-doped YAG allows the exploration of new wavelengths and application areas.

The laser active medium of the thin-disk laser is a roughly 200 μm thin crystal disk which is mounted on a heat sink. The pump beam is repeatedly re-imaged onto the rear surface HR-coated disk using a pump steering optic. Due to the multipass of the pump beam through the disk, a high pump power absorption can be achieved. On the one hand, the highly efficient heat dissipation through the disk's rear surface allows very high pump power densities. On the other hand, thermal lensing effects are minimized due to the collinearity of the thermal gradient within the disk and the laser beam propagation. The disk itself is part of the laser resonator acting as end mirror or deflection mirror.

Holmium-doped materials are a promising approach to obtain high power with good beam quality, alternatively high pulse energies, with the thin-disk laser design in the 2 μm range. Possible pump sources in this case are either laser diodes at 1.91 μm or Tm-fiber lasers, which results in little thermal heating due to the small quantum defect.

Emissionsspektrum und Ausgangsleistung des Ho:YAG Scheibenlasers beim Durchstimmen der Wellenlänge

Emission spectrum and output power of a Ho:YAG Thin Disk laser during wavelength tuning

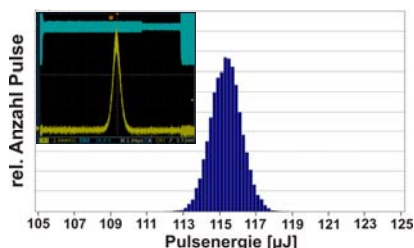


Ho:YAG Laser finden bereits Anwendung in der Medizin, unter anderem in der Urologie und der Ophthalmologie. Auch gilt die Wellenlänge als „augensicher“, was besonders bei LIDAR-Anwendungen in der Sicherheitstechnik und der Atmosphärenforschung von Vorteil ist. Das breite Emissionsspektrum von Ho:YAG zwischen 2 und 2,1 μm ermöglicht auch die Optimierung auf bestimmte atmosphärische Absorptionsbänder. Aber auch Anwendungen in der Materialbearbeitung können durch eine Reduzierung der notwendigen Schutzmaßnahmen vor Streustrahlung erleichtert werden.

Ho:YAG lasers are already being used in medical areas such as urology and ophthalmology, among others. The wavelength is also considered “eye-safe”, which is especially advantageous with regards to LIDAR applications in fields such as security and atmospheric research. The broad emission spectrum of Ho:YAG between 2 and 2.1 μm also allows for an optimization for specific atmospheric absorption lines. Material processing applications can also be facilitated through a reduction of the necessary safety measures against scattered radiation.

Pulsenergieverteilung bei 5 kHz Wiederholrate mit zeitlicher Pulsform (kleines Bild)

Pulse energy distribution at 5 kHz repetition rate with temporal pulse shape (inset)



Im Dauerstrichbetrieb konnte am Institut für Technische Physik bereits ein Scheibenlaser mit einer Ausgangsleistung von über 15 W bei 2,09 μm realisiert werden. Der maximale optisch-optische Wirkungsgrad betrug 37%. Diese Ausgangsleistung ist in der gleichen Größenordnung wie die der effizientesten Oszillatoren in diesem Wellenlängenbereich und war nur durch die verfügbare Pumpleistung limitiert. Auch zeigte der Scheibenlaser eine Durchstimmbarekeit der Wellenlänge über mehr als 20 nm (vgl. Bild links oben). Dies erlaubt eine genaue Anpassung der Laserwellenlänge an anwendungsspezifische Anforderungen.

In cw operation, a thin-disk laser with an output power of over 15 W at 2.09 μm has been realized with a maximum optical-to-optical conversion efficiency of 37% at the Institute of Technical Physics. This output power is of the same order of magnitude as the most efficient oscillators in this wavelength range and was only limited by the available pump power. Additionally, the thin-disk laser demonstrated good wavelength tunability over more than 20 nm (see figure top left). This enables a good adaptation of the laser wavelength to application specific requirements.

Erste Experimente am Institut für Technische Physik im gepulsten Laserbetrieb mit 5 kHz Pulsfrequenz bei kleinen Pumpleistungen ergaben Pulsenergien von 115 μJ (vgl. Bild links unten). Zielsetzungen für weitere Arbeiten am Ho:YAG Scheibenlaser sind unter anderem die Steigerung der CW Laserausgangsleistung und der Pulsenergien. Zur Verbesserung der Strahlqualität werden im Labor Untersuchungen zu geeigneten Laserresonatoren durchgeführt.

Preliminary experiments at the Institute of Technical Physics with pulsed laser operation at low pump powers have yielded pulse repetition rates of 5 kHz and pulse energies of 115 μJ nm (see figure bottom left). The objectives for future work with Ho:YAG thin-disk lasers are among others an increase in cw laser output power and pulse energy. Additional research is being conducted on suitable laser resonator configurations for further improvement of the beam quality.



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Technische Physik

Pfaffenwaldring 38-40
70569 Stuttgart
Telefon: +49 (0)711 6862-773
Telefax: +49 (0)711 6862-788

www.DLR.de/tp