

JITTER-REDUKTION IN PASSIV GÜTEGESCHALTETEN MIKROCHIP-LASERN

TIMING-JITTER REDUCTION IN PASSIVELY Q-SWITCHED MICROCHIP LASERS

Passive Güteschaltung ist ein einfacher und kompakter Ansatz zur Erzeugung optischer Pulse mit hohen Pulsspitzenleistungen und Pulsdauern von Nanosekunden bis Sub-Nanosekunden. Dioden-gepumpte und passiv gütegeschaltete Mikrochip-Laser basierend auf verschiedenen Laserkristallen und sättigbaren Halbleiterspiegeln als Absorber (SESAM) wurden in der Vergangenheit als ein vielversprechendes Konzept zur Erzeugung der kurzen und ultrakurzen Pulse vorgestellt. Diese Laser sind wegen ihrer Einfachheit für ein breites Anwendungsspektrum wie z. B. Frequenzvervielfachung, Mikromaterialbearbeitung und LIDAR gut geeignet. Der große Nachteil passiv gütegeschalteter Laser ist ein starker Zeitjitter, welcher hauptsächlich aus der Resonatordynamik, Umgebungsinstabilitäten und dem statistischen Charakter der spontanen Emission im Verstärkungsmedium entsteht.

Unsere monolithisch geklebten, passiv gütegeschalteten Mikrochiplaser (Abb. 1) basieren auf $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$ und SESAM. Sie erzeugen Pulsdauern kleiner 200 ps mit Pulsenergien größer 150 nJ bei Pulswiederholraten im Bereich von 100 kHz bis wenigen MHz. Jedoch werden diese guten Ausgangsparameter durch den relativ starken Zeitjitter, in der Regel 1 % bezogen auf die Impulsfolgeperiode (Abb. 2, rotes Histogramm), entwertet.

1 Geklebter Mikrochip-Laser.

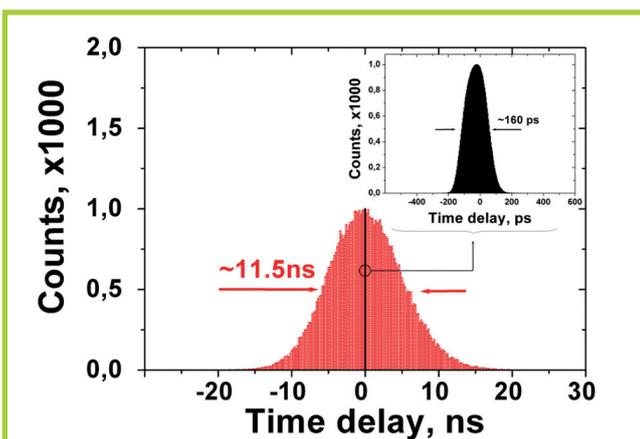
Passive Q-switching is a simple and compact approach to generate optical pulses with high peak powers and pulse duration of nanoseconds and even sub-nanoseconds, offering low cost and low weight per unit. Diode pumped passively Q-switched microchip lasers based on different laser crystals and semiconductor saturable absorber mirrors (SESAM) have been demonstrated in the past as a promising concept for the generation of short and ultra-short pulses. These passively Q-switched lasers are suitable for a wide range of applications such as frequency conversion, micromachining and LIDAR. Nonetheless, the major drawback of passively Q-switched lasers is their inherently large timing jitter, which mainly originates from cavity dynamics, environmental instabilities and spontaneous noise of the gain.

Our monolithically bonded, passively Q-switched microchip lasers (Fig. 1) based on combination of $\text{Nd}^{3+}:\text{YVO}_4$ and SESAM provide sub-200 ps pulse durations, pulse energies of > 150 nJ at repetition rates from 100 kHz to a few MHz. Despite the good parameters, these laser sources still suffer from relatively strong pulse-to-pulse jitter, which is usually 1 % of the pulse repetition time (Fig. 2, red histogram).

1 Bonded microchip laser.

Um dieses Problem zu überwinden wurde nun eine einfache und kostengünstige Methode basierend auf einer Eigen-Rückkopplung entwickelt. Unter Verwendung einer optischen Faser als Verzögerungsstrecke wird ein kleiner Betrag der Photonen dem vorherigen Laserimpuls entnommen und dem Laser kurz vor der Initialisierung des darauffolgenden Impulses zugeführt. Dadurch wird die statistische Initialisierung der optischen Pulse im Laserresonator durch einen deterministischen Prozess ersetzt und somit der zeitliche Jitter verringert. Die Umsetzung dieses Prinzips reduzierte den Zeitjitter in einem Mikrochip-Laser um einen Faktor von mehr als zwei Größenordnungen (Abb. 2, schwarzes Histogramm). Nun werden auch Anwendungen ermöglicht, welche hohe Anforderungen an die zeitliche Stabilität stellen.

In order to overcome the problems of the timing jitter, we developed a low-cost and straightforward method based on self-injection seeding. Using a fiber delay line and injecting a small amount of the photons from the foregoing optical pulse back to the laser resonator, the statistically distributed onset of pulse formation is replaced by a deterministic event. Implementing self-injection seeding, the timing jitter is decreased by a factor of more than 200 compared to normal operation of passively Q-switched laser and reaches a value smaller than the pulse duration (Fig. 2, black histogram). This simple approach will allow wider accessibility of passively Q-switched microchip lasers to applications which require low pulse-to-pulse jitter.



2 Verringerung des zeitlichen Jitters durch Eigen-Rückkopplung. Rotes Histogramm: typischer Zeitjitter eines Mikrochip-Lasers bei ~330 kHz, schwarzes Histogramm: Zeitjitter mit Anwendung der Eigen-Rückkopplung. / Reduction of the timing-jitter utilizing the self-injection seeding. Red histogram: typical timing jitter of the microchip laser at ~330 kHz, black histogram: timing jitter applying the self-injection seeding.

AUTHORS

Alexander Steinmetz¹
Dirk Nodop¹
Jens Limpert^{1,2}

¹ Institut für Angewandte Physik,
Friedrich-Schiller-Universität Jena

²Fraunhofer IOF

CONTACT

Dr. Jens Limpert
Phone: +49 3641 947 811
jens.limpert@iof.fraunhofer.de