

Dissertation  
submitted to the  
Combined Faculties for the Natural Sciences and for Mathematics  
of the Ruperto-Carola University of Heidelberg, Germany  
for the degree of  
Doctor of Natural Sciences

presented by

Master of Science: Hui Sun

Born in: Han Dan city, He Bei province, China

Oral examination: July 26, 2006

**All-solid-state femtosecond medical lasers and nonlinear  
laser-tissue interactions**

Referees: Prof. Dr. Josef F. Bille  
Prof. Dr. Markus Oberthaler

## **Aller-Festkörper-Staat femtosecond medizinische Laser und nicht lineare Lasergewebewechselwirkungen**

**Kurzdarstellung** Diese Dissertation beschreibt die Entwicklung von einem allen-Festkörper-Staat ultrafast Lasersystem, einschließlich eines Nd: Glas femtosecond Laser und ein Nd: YAG picosecond Laser. Versuche in dieser Dissertation schließt auch die Ergebnisse von einem Yb mitein: KYW femtosecond Laser. Diode hat allen-Festkörper-Staat ultrafast Laser versprechen für Mini eindringlich brechende Chirurgie und keratoplasty gepumpt. Ein grundlegendes systematisches Studium betreffend ultrafast Lasergewebe Wechselwirkungen ist entscheidend vor Verwenden des Zustands von der Kunst Lasertechnologie zu ophthalmic Anwendungen. Die Pulsbreite des ultrafast Laserpulsebereiche von 800 femtosecond zu 20 picosecond. Die hornhaut ablation Schwelle, als eine Funktion von der Laserpulsbreite und der Tiefe im hornhaut stroma genau von gleichzeitiger Überwachung von der Intensität vom Laser veranlassten Plasma und den zweiten harmonischen Signalen bestimmt wurde. Systematische Untersuchungen des ultrafast Lasergewebewechselwirkung, die auf ehemaligvivo nicht linearer Mehrfachphotonmikroskopie basiert wird, und atomare Kraftmikroskopie ist durchgeführt worden.

## **All-solid-state femtosecond medical lasers and nonlinear laser-tissue interactions**

**Abstract** This dissertation describes the development of an all-solid-state ultrafast laser system, including a Nd:glass femtosecond laser and a Nd:YAG picosecond laser. Experiments in this dissertation also includes the results from a Yb:KYW femtosecond laser. Diode pumped all-solid-state ultrafast lasers are promising for mini-invasive refractive surgery and keratoplasty. A fundamental systematical study concerning ultrafast laser tissue interactions is crucial before applying the state of the art laser technology to ophthalmic applications. The pulse width of the ultrafast laser pulses ranges from 800 femtoseconds to 20 picoseconds. The corneal ablation threshold as a function of the laser pulse width and the depth in the corneal stroma was precisely determined by simultaneous monitoring of the intensity of the laser-induced plasma and the second harmonic generation signals. Systematic investigations of the ultrafast laser-tissue interaction based on *ex-vivo* nonlinear multi-photon microscopy were performed.