

K 5: Laser-Materie-Wechselwirkung und Laseranwendungen II

Time: Tuesday 14:00–15:45

Location: SPA SR203

K 5.1 Tue 14:00 SPA SR203

Nanostrukturierung von einkristallinem Silizium durch Sub-15 Femtosekundenpulse — ●MARCO SCHÜLE¹, MARTIN STRAUB¹, MAZARI AFSHAR², DARA FEILI², HELMUT SEIDEL² und KARSTEN KÖNIG¹ — ¹Universität des Saarlands, Lehrstuhl für Biophotonik und Lasertechnologie, Fakultät für Physik und Mechatronik, Campus am Markt, Zeile 5, 66125 Saarbrücken — ²Universität des Saarlands, Lehrstuhl für Mikromechanik, Mikrofluidik und Mikroaktork, Fakultät für Physik und Mechatronik, Campus A5.1, 66123 Saarbrücken

Mit Ziel neuer Anwendungen in der Lasermaterialbearbeitung wurde die Nanostrukturierung einkristalliner Siliziumoberflächen durch stark fokussierte sub-15 fs Pulse eines Ti:Saphir Lasers ($\lambda \approx 800$ nm, Repetitionsrate 85 MHz, sub-nJ Pulsenergie, fokale Spitzenintensität ca. 15 TW/cm²) in Wasser untersucht. Die Bestrahlung erzeugt drei charakteristische Typen von Oberflächenstrukturen [1,2]. Bei Bestrahlungsdosen in unmittelbarer Nähe der Ablationsschwelle bilden sich auf der Oberfläche wenige Nanometer breite Risse. Wellenartige Strukturen senkrecht zur Laserpolarisation (sog. Ripples) mit einer Periode von ca. 130 nm, Breite von 50 - 60 nm und Tiefe von ca. 60 nm entstehen bei etwas höherer Dosis (ca. 100 kJ/cm²). Bei noch stärkerer Bestrahlung wird die Oberfläche schwammartig nanoporös, wobei die Strukturelemente zwischen den Poren eine typische Größe von 40 - 60 nm aufweisen. Im Mittelpunkt unserer Experimente steht der Einfluß von Dotierung und Kristallorientierung auf die Nanostrukturentstehung.

[1] M. Straub et al., Opt. Lett. 37, 190-192 (2012), [2] K. König et al., J. Laser Appl. 24, 042009 (2012). Gefördert durch DFG-SPP1327.

K 5.2 Tue 14:15 SPA SR203

Machining of Biocompatible Polymers with Shaped fs laser pulses — ●CONRAD SCHUSTER¹, CHRISTOPH MERSCHJANN¹, NEEKE ROTHE¹, STEFFEN FIEDLER¹, VOLKMAR SENZ², KATRIN STERNBERG², and STEFAN LOCHBRUNNER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, Germany — ²IBMT, Universität Rostock, Germany

In contrast to nanosecond pulses, femtosecond laser pulses offer high peak intensities at low pulse energies, thus enabling the controlled ablation of polymers without any bubbles or melting. Via multi-photon effects transparent materials become processable as well. Furthermore, working on the fs scale is not limited to single pulses. Shaped pulses open up a variety of new processing parameters: The spectrum of the single fs pulses emitted from the laser can be modulated in phase and amplitude to change the pulse duration, create double pulses or complex multi-pulse structures. These structures can last several ps and show features on the time scale of the original pulse (here 50 fs).

We optimized the shape of the applied pulse structure for precise machining of biodegradable poly-L-lactide (PLLA) foils, used for medical implants.

Using pulse shaping, we can precisely control the parameters of the machining process, including groove width and depth as well as the roughness of the adjacent surface. Further, in contrast to commercial picosecond laser machining systems we could reduce the dimensions of created holes to diameters less than 10 μ m.

K 5.3 Tue 14:30 SPA SR203

Einfluss von Laserparametern auf Qualität und Prozesseffizienz beim Mikroböhrprozess mit ultrakurzen Laserpulsen — ●ANNE FEUER, CHRISTOPH KUNZ, VOLKHER ONUSEIT, RUDOLF WEBER und THOMAS GRAF — Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW), Pfaffenwaldring 43, D-70569 Stuttgart, Germany

In dieser Arbeit wird der Böhrprozess für Mikroböhrungen in Metall mit Pikosekunden-Laserpulsen hinsichtlich Effizienz und Qualität der resultierenden Böhrkapillare untersucht. Trotz Anwendung des Wendelböhrverfahrens bleibt die Qualität der Mikroböhrung für kleine Dimensionen (Böhrungsdurchmesser ≤ 30 μ m) und hohen Böhrtiefen (10- bis 15-fache des Böhrungsdurchmessers) gerade in Hinblick auf die Prozesseffizienz eine Herausforderung. Eine Erhöhung der mittleren Laserleistung, entweder durch Verwendung höherer Pulsenergien oder durch eine Erhöhung der Pulswiederholungsrate, reduziert zwar die Prozesszeit, führt in diesem Falle infolge von zunehmender Plasmabildung und Wärmeakkumulation zu verstärkter Schmelz- und Gratbildung sowie zur Ausbildung einer unregelmäßigen Böhrkapillare (Riefen, Ausbrüche, Seitenkanäle) und damit zu einer Verschlechterung der Böhrungsqualität. In einem ersten Schritt wurde der Einfluss von

Pulsenergie und Pulswiederholungsrate auf die Böhrungsqualität sowie Prozesseffizienz beim Perkussions- und Wendelböhren untersucht. Die Auswertung der Untersuchung des Einflusses von Pulsenergie und Pulswiederholungsrate auf die Böhrqualität und Prozessdauer wird in diesem Beitrag vorgestellt.

K 5.4 Tue 14:45 SPA SR203

Simulation of Laser Ablation of Aluminum with Double Pulses — ●JOHANNES ROTH, ARMIN KRAUSS, JAN LOTZE, and HANS-RAINER TREBIN — FMQ, Universität Stuttgart

Lasers are becoming a more and more important tool in cutting and shaping materials. Improving precision and effectivity is an ongoing demand in science and industry. One possibility are double pulses. Here we study laser ablation of aluminum by the two-temperature model, where the laser is modeled as a source in a continuum heat conduction equation for the electrons, whose temperature then is transferred to a molecular dynamics particle model by an electron-phonon coupling term. The melting and ablation effectivity is studied depending on the relative intensity of two Gaussian shaped laser pulses and of the time delay between two pulses. For double pulses with delay times up to 200 ps we find a behavior as observed in experiment with reduced ablation depths beyond a delay of 10 ps. Thus we can exclude increased reflectivity from laser plasma interaction as the only source of such a behavior.

K 5.5 Tue 15:00 SPA SR203

Prediction of ablation thresholds: Simulations and experiments in the fs-regime — ●DANIEL J. FÖRSTER¹, MARGIT WIEDENMANN¹, JOHANNES ROTH², RUDOLF WEBER¹, and THOMAS GRAF¹ — ¹Institut für Strahlwerkzeuge, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 43, 70569 Stuttgart — ²Institut für funktionelle Materie und Quantentechnologien, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 57, 70569 Stuttgart

The ablation threshold of materials is an important quantity in short-pulse laser materials processing. Molecular dynamics (MD) simulations of metals irradiated by femtosecond laser pulses were performed to predict ablation thresholds. Materials are described in the nanometer scale by atoms given as point particles interacting via classical force fields. The results given by simulations with the MD program IMD in comparison to experimental results with a 800 nm laser system are discussed.

K 5.6 Tue 15:15 SPA SR203

Calibration-free analysis of major components in steel slag by laser-induced breakdown spectroscopy by combination of UV and VIS spectra — ●PHILIPP KOLMHOFER¹, SIMON ESCHLBOCK-FUCHS¹, ROMAN RÖSSLER², JOHANNES PEDARNIG¹, and JOHANNES HEITZ¹ — ¹Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted Diagnostics, Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University Linz, A-4040 Linz, Austria — ²voestalpine Stahl GmbH, A-4031 Linz, Austria

Slag samples from industrial steel production (secondary metallurgy) are analyzed by calibration-free laser-induced breakdown spectroscopy (CF-LIBS) using a transportable LIBS measurement system. The system uses nanosecond Nd:YAG laser pulses (1064 nm) for ablation and a fiber coupled Echelle spectrometer with ICCD camera for optical spectrum detection. The emission lines of major elements are detected in the VIS and UV range of the spectrometer (350-850 nm, 220-350 nm). An automated procedure corrects the measured spectra for self-absorption effects, determines the plasma temperature T_e (Saha-Boltzmann plots), and calculates the concentration of major oxides in the slags. The nominal oxide concentration is determined by reference analysis. The T_e values derived from either Ti, Mn, or Ca lines are very similar and show small uncertainty. The measured oxide concentrations are in reasonable agreement with reference data.

K 5.7 Tue 15:30 SPA SR203

Boosting lifetime and optical emission of laser-induced plasma by electric discharge sparks — ●SIMON ESCHLBOCK-FUCHS, PHILIPP JOHANN KOLMHOFER, MARIUS AUREL BODEA, JOSEF GERALD HECHENBERGER, NORBERT HUBER, JOHANNES HEITZ, and JOHANNES PEDARNIG — Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted

Diagnostics, Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University Linz, A-4040 Linz, Austria

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) is a sensitive analytical measurement technique with limits of detection (LOD) in the range 1-30 ppm for many chemical elements depending on the matrix. Different techniques have been tried to enhance the optical emission of laser-induced plasma and to improve the sensitivity of the LIBS method. The techniques include double-pulse excitation, radiofrequency and

microwave plasma, and high voltage discharge sparks. We report on the combination of LIBS with low-voltage high-current discharge sparks and the investigation of the properties of combined plasma. The spark between two metal electrodes is triggered by the laser-induced plasma on the sample surface. Time-resolved photography reveals very long lifetimes for the combined plasma (up to several milliseconds) and an increased plasma volume. LIBS spectra of combined plasma in general show emission lines of higher intensity than the spectra of conventional LIBS plasma.