

K 4: Laseranwendungen und Lasermaterialbearbeitung I

Time: Thursday 10:30–12:30

Location: F 442

Invited Talk

K 4.1 Th 10:30 F 442

Biomimetic Sub-Wavelength Structures and Interfaces for Laser based Applications — ●ROBERT BRUNNER¹, MICHAEL HELGERT¹, DENNIS LEHR¹, MARCEL SCHULZE², ERNST-BERNHARD KLEY², CHRISTOPH MORHARD³, CLAUDIA PACHOLSKI³, and JOACHIM SPATZ³ — ¹Carl Zeiss Jena GmbH, Jena, Germany — ²FSU Jena, Institute of Applied Physics, Jena, Germany — ³Max-Planck-Institute for Metals Research, New Materials and Biosystems, Stuttgart, Germany

The quality of laser optical instruments is affected strongly by the reflection and transmission of light at the optical interfaces. Today, most frequently used antireflection (AR) coatings are based on multi-layer interference structures. An alternative are subwavelength structured anti-reflecting surfaces, which are also found in nature on the corneal surfaces of night active insects (*moth eye structures*). Thin-film coatings may suffer from adhesion problems and show a limited wavelength or angle dependency. Additionally for some applications (e.g. in the deep-UV), the available material selection is also limited. These disadvantages may be overcome by the use of the *moth eye* approach. Here we report on different fabrication technologies, especially Block Copolymer Micelle Nanolithography (BCML), Statistical Anisotropic Etching and Interference Lithography. We discuss the influence of in-homogeneities and the application of the different technologies to microstructured elements.

K 4.2 Th 11:00 F 442

Transient response of solids to intense fs soft X-Ray excitation — ●ULADZIMIR SHYMANOVICH¹, WEI LU¹, NIKOLA STOJANOVIC², RYSZARD SOBIERAJSKI^{3,4}, MOURAD EL KHARRAZI¹, MICHAEL VATTILANA¹, FLORIAN QUIRIN¹, VADYM SUVOROV¹, THORSTEN BRAZDA¹, STEFAN DÜSTERER², HARALD REDLIN², ROLF TREUSCH², and KLAUS SOKOLOWSKI-TINTEN¹ — ¹Uni Duisburg-Essen, Duisburg — ²DESY, Hamburg — ³FOM-Inst. for Plasma Physics, Nieuwegein — ⁴Inst. of Physics Academy of Sciences, Warsaw

Short wavelength, femtosecond free-electron-lasers (FELs) open up new possibilities for generating high energy density states of matter. In particular, they permit strong electronic excitation of solid materials in a very controllable fashion since optical non-linearities (i.e. multi-photon absorption, free carrier absorption), which govern the high intensity light-material interactions at optical frequencies, are essentially absent. In this contribution we present results of time-resolved experiments performed at the XUV-FEL FLASH (HASYLAB/Hamburg) aimed to investigate the transient dynamics in solid materials upon irradiation with intense femtosecond XUV-pulses. In a XUV pump - optical probe experiment femtosecond time-resolved optical microscopy and imaging interferometry has been used to follow the transient changes of the optical properties of the XUV irradiated surfaces with spatial and temporal resolution. In many cases the observed behavior shows similarities to the case of ultrafast optical excitation. However, the large absorption depth of the XUV-radiation in some materials (i.e. Si) leads to distinct differences in the material response.

K 4.3 Th 11:15 F 442

Simulation der Strahlungspropagation mit vektorieller Beam Propagation Method und Leontovich-Randbedingungen — ●STEFAN TIESMEYER — RWTH-NLD (Lehrstuhl Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren), Aachen, Germany

Die Simulation der Strahlungspropagation ist ein Teilaspekt der Laserfertigerungsverfahren. Dabei propagiert die Strahlung in einem inhomogenen Medium und wird an optischen Grenzflächen z. T. reflektiert bzw. transmittiert.

Während schwache Inhomogenitäten (d.h. kleine Variationen des Brechungsindex) durch eine VBPM (Vectorial Beam Propagation Method) beschrieben werden können, werden Sprungbedingungen für die Reflexion an Grenzflächen mithilfe sog. Oberflächen-Impedanzen formuliert. Diese sind auch vom Einfallswinkel der einfallenden Strahlung abhängig. Für metallische Werkstoffe, bei denen die optische Eindringtiefe wesentlich kleiner als die optische Wellenlänge ist, lässt sich jedoch eine approximative Oberflächenimpedanz angeben, die nicht mehr vom Einfallswinkel abhängt und damit eine numerische Implementation ermöglicht. Diese führt auf die sog. Leontovich-Randbedingungen.

Um die Simulation mit der Kombination aus Leontovich-Randbedingungen und VBPM zu validieren, werden Modellaufgaben mit ebenen Oberflächen vorgestellt, für die die analytische Lösung bekannt ist.

K 4.4 Th 11:30 F 442

Femtosekunden-Elektronenbeugung – Ein Überblick über experimentelle Einsatzmöglichkeiten und neue Erkenntnisse — ●P. ZHOU, M. LIGGES, C. STREUBÜHR, TH. BRAZDA und D. VON DER LINDE — University of Duisburg-Essen, Germany

Die jüngste Entwicklung der zeitaufgelösten Elektronenbeugung macht es möglich, atomare Bewegung auf der Sub-Pikosekundenzeitskalen zu verfolgen. Zum Beispiel lassen sich durch Femtosekunden Laserimpulse angeregte Gitterschwingungen direkt beobachten. In diesem Beitrag bieten wir einen Überblick über unsere jüngsten Ergebnisse. Eine wesentliche Eigenschaft der Elektronenbeugung ist, dass sich mehrere Beugungsordnungen gleichzeitig beobachten lassen. Deshalb kann man präzise Aussagen darüber machen, wie schnell und wie stark sich das Gitter durch die Bestrahlung mit Laserimpulsen aufheizt (Debye-Waller-Effekt). Da durch die optische Anregung das elektronische System angeregt wird, eröffnen solchen Messungen einen direkten Zugang zur Elektron-Phonon-Wechselwirkung. Zudem ergibt sich die Möglichkeit, durch Analyse einzelner Beugungsreflexe die Polarisationsrichtung bestimmter Gitterschwingungen zu bestimmen. Diese Information liefert Erkenntnisse über verschiedene mögliche Kanäle der Phononenanregung durch Laserimpulse. Durch diese Fülle an Informationen aus einer einzelnen Messung zeichnet sich die Elektronenbeugung als interessante Alternative zur zeitaufgelöste Röntgenbeugung aus. In diesem Vortrag wird zudem über die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten der Technik für Messungen an dünnen Membranen, Nanodrähten und Nanopartikeln in Transmissions- und Reflexionsgeometrie berichtet.

K 4.5 Th 11:45 F 442

Zeitaufgelöste Transmissionselektronenbeugung an dünnen Wismutfilmen — ●CARLA STREUBÜHR, MANUEL LIGGES, THORSTEN BRAZDA, PING ZHOU und DIETRICH VON DER LINDE — Universität Duisburg-Essen, Deutschland

Mittels der Elektronenbeugung untersuchen wir transiente Änderungen der Gitterstruktur dünner Wismutfilme nach der Anregung mit Femtosekunden-Laserimpulsen (fs). Es werden sowohl akustische als auch optische Gitterschwingungen angeregt. Derartige atomare Bewegungen innerhalb der Kristallebenen, die senkrecht zum einfallenden Elektronenstrahl sind, führen zu einer Abnahme der Intensität der Beugungsreflexe. Die Transmissionsgeometrie des Messaufbaus bietet die Möglichkeit, zahlreiche Beugungsordnungen gleichzeitig zu beobachten.

Unsere Messergebnisse zeigen eine Anisotropie in der Intensitätsabnahme der Beugungsreflexe. Diese ist auf eine Vorzugsschwingungsrichtung der Atome zurückzuführen. Weitere Experimente haben eine Abhängigkeit dieses Verhaltens von der Polarisation der Laserimpulse gezeigt. Dies deutet darauf hin, dass es sich um die Anregung des optischen Eg-Phonons durch impulsiv stimulierte Raman-Streuung handelt.

K 4.6 Th 12:00 F 442

Calibration free LIBS of oxide materials — ●BERNHARD PRAHER^{1,2}, JOHANNES HEITZ^{1,2}, and JOHANNES PEDARNIG^{1,2} — ¹Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted Diagnostics, Johannes Kepler University Linz, Austria — ²Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University Linz, Austria

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) enables to analyze the element composition of complex materials. For quantitative concentration analysis, calibration free LIBS (CF-LIBS) and multivariate calibration can be employed. We measured LIBS spectra of oxide materials and we modified the CF-LIBS method to increase the accuracy. The concentration of oxides was obtained by using stoichiometric relations. Sample materials were prepared from oxide powder (Fe₂O₃, MgO, CaO) by mixing and pressing. The concentration was 9.8 - 33.3 wt% Fe₂O₃, 7.6 - 33.3 wt% MgO and 33.3 - 81.2 wt% CaO for different samples. Nd:YAG laser ablation was performed in air. The laser-induced plasma emission was measured by an Echelle spectrometer equipped with a sensitivity calibrated ICCD camera. The numerical

CF-LIBS algorithm included the spectra selection by linear correlation, the deconvolution of instrumental function, and the correction of self-absorption effects. The oxide concentration c_{CF} calculated from CF-LIBS results and the nominal concentration c_N were very close for all samples investigated. The relative error in concentration, $|c_{CF} - c_N| / c_N$, was $< 10\%$, $< 20\%$, and $< 5\%$ for Fe_2O_3 , MgO , and CaO , respectively. The results indicate that this method can be employed for the analysis of major elements in multi-component technical materials.

K 4.7 Th 12:15 F 442

Modular setup for femtosecond time-resolved X-ray diffraction — •WEI LU¹, N. NICOL^{1,2}, U. SHYMANOVICH¹, A. TARASEVITCH¹, P. ZHOU¹, K. SOKOLOWSKI-TINTEN¹, and D. VON DER LINDE¹ — ¹Institut für Experimentelle Physik, Universität Duisburg-Essen, 47048 Duisburg, Germany — ²I. Physikalisches Institut, University of Cologne, 50937 Köln, Germany

We present here a new setup for time-resolved X-ray diffraction using

femtosecond X-ray pulses from a laser-produced plasma. The setup has a modular design and only the X-ray source is placed in vacuum. A pre-pulse scheme is employed to optimize $K\alpha$ -production [1] resulting in a total $Cu\ K\alpha$ -flux (8 keV) of $10e10$ photons per pulse. For re-collection of the emitted X-rays, we use a multi-layer X-ray mirror which produces a 5x magnified, monochromatic image of the source [2] leading to a $K\alpha$ -flux of more $10e5$ photons per pulse impinging on the sample. The signal of a small ionization chamber is used in the setup as a reference to normalize the diffraction signals. This significantly improves the accuracy of the experiment and it is possible to observe relative signal changes of less than 1%. With this setup, we have performed time-resolved diffraction experiments on laser-irradiated Bi to directly observe coherently excited optical phonons. The experimental data reveal an extreme softening of the excited A_{1g} -mode and give strong evidence that upon intense laser-excitation the Peierls-distortion, which defines the equilibrium structure of Bismuth, can be transiently reversed. [1] W. Lu, et al., Phys. Rev. E 80, 026404 (2009). [2] U. Shymanovich et al., Appl. Phys. B 92, 493 (2008).