

Laser-Prozesstechnologien für Oberflächenstrukturierung und Werkstoffbearbeitung

W. Pfleging

Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Institute of Applied Materials (IAM-AWP),
P.O. Box 3640, 76021 Karlsruhe, Germany

ABSTRACT

Am Karlsruher Institut für Technologie (IAM-AWP) befasst sich die Arbeitsgruppe Laserprozesstechnik mit der Entwicklung von lasergestützten Methoden für die Strukturierung, Modifizierung, Funktionalisierung und Verbindungstechnik von Keramiken, Metallen, Polymeren und Schichtsystemen [1]. Das Forscherteam am IAM-AWP hat eine breit aufgestellte und anerkannte Expertise auf dem Gebiet der Laserprozesstechnik, was sich in industriellen Projekten und öffentlich geförderten Forschungsarbeiten (z.B. SFB 483, BMBF-LIBNANO, EUMINAFab, KNMF) und der Mitwirkung in Programm-Komitees unterschiedlicher internationaler Konferenzen sowie der bislang fünfjährigen wissenschaftlichen Leitung der Konferenz „Laser-based Micro- and Nano- Packaging and Assembly“ widerspiegelt [2]. Durch die enge Anknüpfung an die Materialforschung ist ein hoher wissenschaftlicher Austausch und die Umsetzung in innovative Verfahren und Produkte in außergewöhnlich hohem Maße gewährleistet.

Die Oberflächenstrukturierung und Modifikationsprozesse werden mit Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 193 nm bis 10.6 μm untersucht. Thermische Laserprozesse werden für die Verbindungstechnik von Metallen [3], Polymeren [4] sowie für Lasersinterprozesse, Laserlegieren und Laserdispergieren von keramischen Oberflächen erforscht [5]. Die experimentellen Untersuchungen werden dabei unterstützt durch numerischen Simulationen zu den Prozessmechanismen [3]. In aktuellen Forschungsarbeiten erfolgt die Kombination unterschiedlicher Prozessstrategien für die Funktionalisierung und Integration in mikrofluidische, mikroanalytische und tribologische Systeme [4,6,7].

Für die „kalte“ Laserstrukturierung, d.h. für die Erzeugung von Strukturgrößen im Mikrometer- und Nanometerbereich kommen Femtosekunden-Laserpulse und Laserstrahlwellenlängen im UV-Bereich zum Einsatz [8]. Durch den Einsatz von hochfrequenten Lasersystemen ist zudem eine Übertragung der Prozesse auf großformatige Flächen, wie z.B. mit Elektroden für Pouchzellen, möglich.

Seit einigen Jahren befasst sich die Arbeitsgruppe Laserprozesstechnik mit der Laserstrukturierung und dem Laser-Annealing von Elektrodenmaterialien (z.B. LiCoO_2 , LiMn_2O_4 , LiMnO_2 , SnO_2) für Lithium-Ionen Batterien (LIB) [9]. Das Laser-Annealing wird erforscht, um eine gezielte Einstellung von Batteriephasen in kurzen Prozesszeiten zu ermöglichen und um den Einfluss auf die Batterieperformance in Modellsystemen zu untersuchen [10]. Die Laserstrukturierung wird auf Modellsysteme und Standardelektroden angewendet, um zum einen einer mechanischen Degradation infolge von Volumenänderungen in elektrochemischen Zelltests entgegenzuwirken und zum anderen, um durch eine gezielte Oberflächenvergrößerung die Lithiumverfügbarkeit, insbesondere bei hohen Entladeraten, zu erhöhen und die Zyklenbeständigkeit zu steigern [11].

Curriculum Vitae

Dr. Wilhelm Pfleging is head of the group Laser Technology at the Institute of Applied Materials (IAM-AWP) which is part of the Karlsruhe Institute of Technology (KIT). He has more than 19 years of experience in laser material processing. He has published over 130 peer-reviewed articles in scientific journals, books and conference reports. He has two patents granted and 3 patents on pending. His work until 1997 at the Fraunhofer Institute of Laser Technology (Germany) was in the field of Pulsed Laser Deposition and laser micromachining with applications in microsystem technology. At KIT he initiates and coordinates several industrial collaborative research and development projects on laser applications with emphasis on ablation, surface modification and welding on micro- and nano-meter scale. Currently his research is focused on the development of advanced laser-assisted processes for biological surfaces, microfluidics and energy storage systems.

-
- [1] W. Pfleging, T. Hanemann, M. Torge, W. Bernauer, *Journal of Mechanical Engineering Science*, 217(2003) 53-63.
 - [2] W. Pfleging, Y. Lu, K. Washio (Editors), "Laser-based micro- and nanopackaging and assembly", Bellingham, Wash. 2010, SPIE Proceedings Series 7585, ISBN 9780819479815
 - [3] M. Rohde, C. Markert, W. Pfleging, Laser micro-welding of aluminum alloys: experimental studies and numerical modelling, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 50 (2010) 207-215
 - [4] W. Pfleging, R. Kohler, P. Schierjott, W. Hoffmann, Laser patterning and packaging of CCD-CE-Chips made of PMMA, *Sensors and Actuators: B*. 138 (2009) 336 – 343
 - [5] W. Pfleging, M. Rohde, "Patterning and Modification of Ceramics and Glass Surfaces" in "Ceramics Processing in Microtechnology", P. Johander, H.-J. Ritzhaupt-Kleissl (Editors), Whittles Publishing Dunbeath 2009, ISBN 978-1904445-84-5, 241-253
 - [6] W. Pfleging, M. Torge, M. Bruns, V. Trouillet, A. Welle, S. Wilson, Laser- and UV-assisted modification of polystyrene surfaces for control of protein adsorption and cell adhesion, *Applied Surface Science* 255 (2009) 5453 – 5457
 - [7] W. Pfleging, R. Kohler, M. Torge, V. Trouillet, F. Danneil, M. Stüber, Control of wettability of hydrogenated amorphous carbon thin films by laser-assisted micro- and nanostructuring, *Applied Surface Science* (2011) accepted for publication
 - [8] W. Pfleging, M. Torge, M. Bruns, V. Trouillet, A. Welle, S. Wilson, *Applied Surface Science* 255 (2009) 5453 – 5457.
 - [9] B. Ketterer, H. Vasilchina, K. Seemann, S. Ulrich, H. Besser, W. Pfleging, T. Kaiser, C. Adelhelm, Development of high power density cathode materials for Li-ion batteries, *Int. J. Mat. Res.* 10 (2008) 1171-11771
 - [10] R. Kohler, P. Smyrek, S. Ulrich, M. Bruns, V. Trouillet, W. Pfleging, Patterning and Annealing of Nanocrystalline LiCoO₂ Thin Films, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials* 12 (3) (2010) 547 – 552
 - [11] R. Kohler, H. Besser, M. Hagen, J. Ye, C. Ziebert, S. Ulrich, J. Proell, W. Pfleging, Laser micro-structuring of magnetron-sputtered SnO_x thin films as

anode material for lithium ion batteries, *Microsystem Technology* (2011) DOI:
10.1007/s00542-011-1259-1, in press