

# Untersuchungen zu Resonant-Infraroter Laserablation (RIA) an organischen Materialien durch ultrakurz gepulster Laserstrahlung

E. Punzel<sup>1</sup>, M. Olbrich<sup>1</sup>, T. Pflug<sup>1</sup> und A. Horn<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laserinstitut Hochschule Mittweida, University of Applied Sciences Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Germany  
Email: horn4@hs-mittweida.de

Aufgrund des kostengünstigen und umweltfreundlichen Herstellungsprozesses entwickelt sich die organische Elektronik als Alternative zur konventionellen Elektronik. Ein bemerkenswertes Beispiel sind organische Solarzellen, die aufgrund ihrer hohen Flexibilität in Taschen, Kleidung oder jede andere Oberfläche integrierbar sind. Die Mikrostrukturierung mit gepulster UV-Laserstrahlung ermöglicht hohe Ablationsraten, schädigt aber die molekulare Struktur organischer Verbindungen und begrenzt ihre Lebensdauer. Darüber hinaus können Mehrschichtsysteme aufgrund ähnlicher Absorptionseigenschaften verschiedener organischer Materialien schlecht selektiv verarbeitet werden [1].

Resonant-Infrarote Laserablation (RIA) im mittleren IR-Bereich ermöglicht eine direkte Anregung molekularer Schwingungsübergänge [2] als Alternative zur UV-Ablation. Aufgrund der niedrigeren Photonenenergie wird ein übermäßiger Materialschaden vermieden, eine materialspezifische Absorption ermöglicht außerdem eine hohe Schichtselektivität. Der Absorptionskoeffizient  $\alpha$  wurde für verschiedene organische Materialien wie PMMA, durch Transmissionsspektroskopie bei verschiedenen Probendicken, bestimmt (Abb. 1). In unserer Untersuchung wird der Materialabtrag in Abhängigkeit zur Wellenlänge (Resonant und Nichtresonant), Anzahl der Pulse pro Struktur (1 bis 10) und der Materialdicke ( $\mu\text{m}$  bis  $\text{mm}$ ) untersucht. Im Vergleich zu früheren Untersuchungen [2] [3] wird RIA-Ablation erstmals bei ultrakurz gepulster Laserstrahlung ( $t_p < 50\text{fs}$ ) realisiert. Ein Schwerpunkt unserer Untersuchungen ist der Wellenlängenbereich  $3\ \mu\text{m} \leq \lambda \leq 6\ \mu\text{m}$ , in dem die Anregung unterschiedlicher molekularer Schwingungsübergänge von organischen Materialien möglich ist. Die Ablationsgeometrien werden schließlich bei resonanten und nichtresonanten Wellenlängen erzeugt, wobei die Strahlung mit unterschiedlichen Optiken auf die Probe fokussiert wird. Zusätzliche Untersuchungen werden in einer Schutzkammer unter Ausschluss von Wasser und Sauerstoff durchgeführt, um die Bildung von unerwünschten Radikalen während des Ablationsprozesses zu vermeiden.

Die Schwellfluenz für starken Abtrag  $F_{Thr, strong}$  und schwachen Abtrag  $F_{Thr, gentle}$  werden durch die Methode nach Liu [4] ermittelt, während die Abtragsgeometrien durch Lichtmikroskopie und Konfokalmikroskopie bestimmt werden. Die optischen und mechanischen Eigenschaften innerhalb der Wechselwirkungszone werden durch raum aufgelöster Ellipsometrie und EDX ermittelt und untersucht.

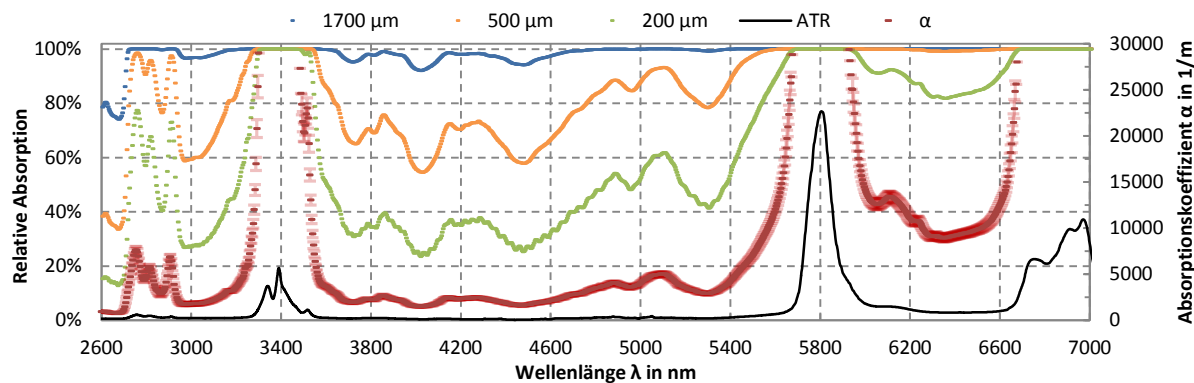
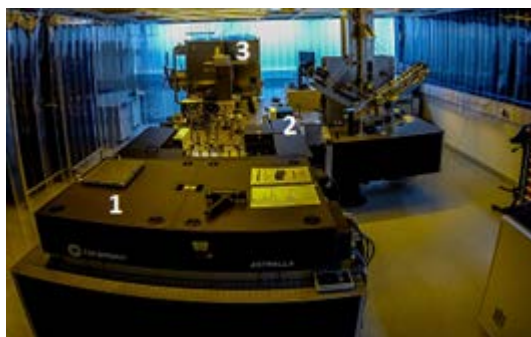


Abb. 1, oben: Absorptionsspektrum von PMMA-Proben unterschiedlicher Probendicke, im mittleren Infrarot, ermittelt durch Transmissions- und ATR-Spektroskopie. Der Absorptionskoeffizient  $\alpha$  (rot) wurde aus jeder Transmissionsmessung bestimmt und anschließend gemittelt.

Abb. 2, rechts: Das verwendete Lasersystem (1) ist mit einem optisch-parametrischen Verstärker (2) ausgestattet, der eine Wellenlängenabstimmung vom UV- bis in den mid-IR-Bereich ermöglicht. Die Experimente finden in einer Schutzkammer (3) statt.



- [1] Faber, C ; Duchemin, I ; Deutsch, T ; Attacalite, C ; Olevano, V ; Blase, X. „Electron-phonon coupling and charge-transfer excitations in organic systems from many-body perturbation theory”, Journal of Material Science 47, 7472-7481 (2012)
- [2] Johnson, Stephen L. “Resonant-infrared laser ablation of polymers: mechanisms and applications”, Vanderbilt University, Dissertation (2008)
- [3] Naithani, S ; Grisard, A ; Schaubroeck, D ; Lallier, E ; Van Steenberge, G. “Mid-infrared resonant ablation of PMMA”, Journal of Laser Micro Nanoengineering 9/2, 147-152 (2014)
- [4] Liu, J.: Simple technique for measurement of pulsed Gaussian-beam spot sizes, In: Optics Letter 7, 196-198 (1982)