

Zeitliche Pulsformung in der Lasermikromaterialbearbeitung

Temporal pulse shaping in laser micromachining

Projektträger / Fördermittelgeber: Bayerisches Laserzentrum GmbH
Executing Organisation: Bayerisches Laserzentrum GmbH

Aufgabenstellung

Fortlaufende Entwicklungen von Strahlquellen im Bereich kurzer und ultrakurzer Laserpulse eröffnen gänzlich neue Ansätze, Mechanismen der Strahl-Material-Wechselwirkung gezielt zu untersuchen und zu beeinflussen. So erlauben Strahlquellen mit zeitlich variabel geformten ns-Pulsen die gezielte Einstellung der Wechselwirkung bei ansonsten konstanten Laser- und Anlagenparametern wie Intensität oder Fluenz. Am blz wird das Potential der flexiblen Prozessanpassung durch Pulsformung bei der Mikromaterialbearbeitung experimentell untersucht und anhand von Zeit- Orts- aufgelöster Mikroskopie validiert.

Vorgehensweise

Der Einfluss der zeitlichen Pulsform im ns-Bereich bzw. der zeitliche Energieeintrag in das Material wird anhand der Mikroablation von Metallen untersucht. Ziel ist es, sowohl die Prozessgeschwindigkeit (z.B. Abtragsrate) als auch die Bearbeitungsqualität für verschiedene Prozesse durch angepasste Pulsformen zu optimieren. Des Weiteren kann - bei Kenntnis der zeitlich aufgelösten Wechselwirkungsphasen - eine Erhöhung der Prozesseffizienz erreicht werden, indem Verluste, die beispielsweise durch Plasmaabschirmung entstehen, bei der Bearbeitung mit ns-Pulsen gezielt vermieden werden.

Ergebnisse

Es zeigt sich, dass jede Mittelwertbildung über die Pulsdauer (z.B. durch die Angabe der Fluenz) zu fehlenden Informationen über den zeitlichen Energieeintrag, gleichzeitig aber zu signifikanten Unterschieden bei der Mikroablation mit ns-Pulsen führt. Variiert man die Pulsform gezielt, z.B. im Vergleich einer vorauseilenden und einer nachlaufenden Intensitätsspitze bei ansonsten konstanten Parametern, kann die Abtragseffizienz um den Faktor 1,5 gesteigert werden. Abhängig von der Pulsform können schließlich Charakteristiken wie eine hohe Abtragsqualität, hohe Effizienz oder die Menge der erzeugten Schmelze systematisch eingestellt werden.

Task

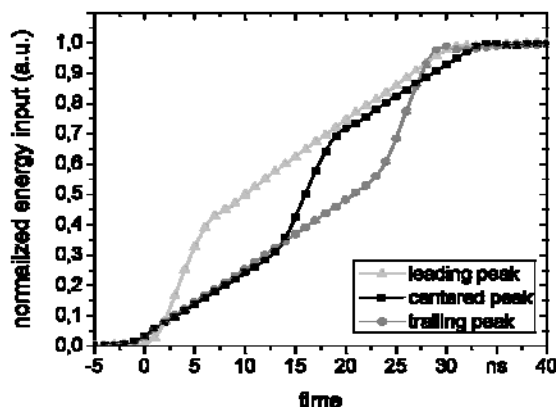
Ongoing developments in short and ultra short pulsed lasers open up entirely new approaches at influence and investigate laser-matter-interactions. Temporally shaped pulses allow the adjustment of specific processes at constant laser and system parameters such as intensity or fluence. The blz therefore experimentally investigates the potential of flexible pulse shaping technology in terms of micromachining applications and validates it by means of pump-probe-microscopy.

Approach

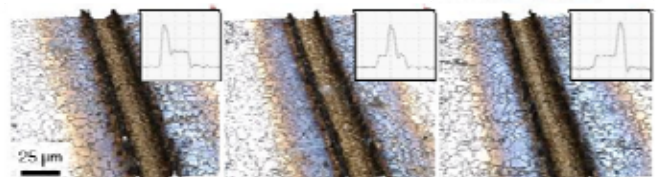
The impact of temporal shaped ns-pulses and thereby the temporal energy input into material is investigated for micro-ablation of metals. The aim is to optimize both the process speed (e.g. ablation rate) and the machining quality for various processes by adapted pulse shapes. Furthermore, an increase in process efficiency can be achieved by avoiding losses as those induced by plasma shielding using the knowledge of time-resolved interaction phases in micromachining applications.

Results

Results show that any averaging over pulse duration results in missing information about temporal energy input but in the same time lead to significant differences in ablation results. The ablation efficiency can nearly be increased by the factor of 1.5 by changing the pulse shape from trailing peak to leading peak under constant fluence and intensity. Depending on the temporal pulse shape high ablation efficiency, good ablation quality or a high amount of molten material can systematically be adjusted.



Normierter Energieeintrag über der Zeit für verschiedene Pulsformen ($\tau = 30$ ns)
Normalized energy input over time for different pulse shapes ($\tau = 30$ ns)



Einfluss der Pulsform auf den Abtrag, 3D-Laser-Scanning-Mikroskop-Aufnahmen
Impact of pulse shape on ablation result, 3D-laser-scanning-microscope image