

# Zusammenfassung

Gegenstand dieser Arbeit sind Untersuchungen zur Laserablation von Dielektrika mit ultrakurzen Laserpulsen. Dabei werden ex-situ morphologische Ergebnisse mit Time-of-Flight masseselektiven Messungen der ablatierten Teilchen verglichen. Es können thermische und nicht-thermische Prozesse bei bestimmten Bestrahlungsbedingungen identifiziert werden, wobei das Verfahren zur Unterscheidung dieser Prozesse aufgezeigt wird unter besonderer Berücksichtigung der zeitlichen Charakteristik der ablatierten Teilchen. Es werden sowohl die Ergebnisse der statischen, als auch der dynamischen Untersuchungen vorgestellt.

Im ersten Fall stehen die morphologischen Untersuchungen der bestrahlten Fläche wie auch die Ablationsplume im Vordergrund, bei der die kinetischen Parameter, und daraus speziell der spezifische Mechanismus des Teilchenaustritts bestimmt werden. Die Analyse des energetischen Spektrums der ablatierten Produkte liefert reichhaltige Informationen über die Prozesse bei der Ablation mit Femtosekundenpulsen. Am Beispiel von Saphir werden die grundlegenden Prozesse beim Abtrag mit ultrakurzen Laserpulsen diskutiert. Es konnten zwei unterschiedliche Ablationsphasen identifiziert werden, eine sogenannte schwache („gentle“) Phase mit geringer Abtragsrate und hohem Ionenanteil und eine sogenannte starke („strong“) Phase mit hoher Abtragsrate und geringerer Qualität der abgetragenen Struktur. Ein Vergleich der Energie und der Impulsverteilung der ablatierten neutralen Teilchen, Ionen und der Elektronen erlaubt die Unterscheidung zwischen thermischen und nicht-thermischen Prozessen, die zum makroskopischen Materialabtrag führen. Schnelle positive Ionen mit gleichem Impuls resultieren aus einer Coulombexplosion in den obersten Lagen an der Materialoberfläche bei geringer Laserfluenz und geringer Schußzahl (schwache Ablationsphase). Pump-Probe Untersuchungen mit fs Lasern zeigen die Dynamik der Anregung und den Energietransfer in das Gitter. Bei höheren Laserfluenzen oder nach einem Inkubationsprozeß kann man auf eine Phasenexplosion aufgrund der morphologischen Untersuchungen als auch der in-situ Experimenten schließen.

Bei den dynamischen Untersuchungen wird der Prozeß der Elektronenemission bei Anregung dielektrischer Materialien mit ultrakurzen Laserpulsen verfolgt. Die unmittelbar nach Anregung austretenden Elektronen sind das direkte Ergebnis der Laseranregung. Ihre zeitliche Dynamik stützt die Vermutung einer elektrostatischen Abstoßung des Materials bedingt durch Akkumulation elektrostatischer Energie, wobei Elektron-Phonon-Kopplung dem entgegenwirkt.

Die hier dargelegten Ergebnisse zeigen das große Potential der Femtosekunden-technologie für die Mikromaterialbearbeitung dielektrischer Materialien auf.