

---

## Abstract

When a cluster is exposed to intense optical radiation, the particle transforms into a hot expanding plasma. The present work focuses on the ionization, expansion, cooling and relaxation dynamics of laser-induced nanoplasmas. To study the ion emission, we developed a novel charge-state resolving ion energy analyser, which features a high transmission and a high energy resolution. We applied the intensity-difference spectrum method to record the first laser intensity-resolved ion spectra from the Coulomb explosion of clusters and identified two explosion regimes. We deduced the differences in ionization and subsequent recombination between  $Ar_N$  and  $Ag_N$ . The role of collective excitations on the cluster explosion has been studied by utilizing the pump-probe technique. We obtained ion spectra from metal clusters excited in the impulsive regime. The results show a qualitative difference in the explosion dynamics when compared to studies on rare gas clusters. With respect to long-term relaxation, a significant number of plasma electrons recombines to Rydberg levels of highly charged ions. In experiments conducted on a free-electron laser, a new method to measure the spatio-temporal coherence of XUV radiation has been demonstrated.

## Kurzzusammenfassung

Werden Cluster intensiver, optischer Strahlung ausgesetzt, kommt es zur Entstehung eines heißen expandierenden Plasmas. Die vorgelegte Arbeit konzentriert sich auf die Ionisations-, Expansions-, Kühlungs- und Relaxationsdynamik laserinduzierter Nanoplasmen. Um die Ionenemission abzubilden, wurde ein neues Instrument entwickelt, um ladungsaufgelöste Energiespektren aufzunehmen. Vorteile dieses Analysators sind seine hohe Transmission und hervorragende Energieauflösung. In den Experimenten wird die "intensity-difference spectrum" Methode eingesetzt, um erstmals intensitätsaufgelöste Ionenspektren der Coulombexplosion von Clustern zu messen. In der Analyse konnten Unterschiede in der Ionisation und späteren Rekombination zwischen  $Ar_N$  und  $Ag_N$  aufgelöst werden. Mit Hilfe der Pump-Probe Technik wurde die Rolle kollektiver Anregungen bei der Clusterexplosion untersucht. Weiter ergaben Messungen im sogenannten "impulse regime" einen qualitativen Unterschied in der Explosionsdynamik von Metallclustern im Vergleich zu Arbeiten an Edelgasclustern. In Bezug auf die Langzeitdynamik des Nanoplasmas wurde festgestellt, dass die Plasmaelektronen in Rydbergniveaus hochgeladener Ionen relaxieren. In Experimenten am Freie-Elektronenlaser FLASH wurde eine neue Methode demonstriert, um die räumliche und zeitliche Kohärenz der XUV Strahlung zu charakterisieren.