

A 7: Metal clusters

Zeit: Dienstag 11:00–13:00

Raum: 3D

Hauptvortrag

A 7.1 Di 11:00 3D

Vibrational spectroscopy of isolated metal clusters with a Free Electron Laser — ●ANDRÉ FIELICKE, PHILIPP GRUENE, JONATHAN T. LYON, and GERARD MEIJER — Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin

Small particles often differ considerably in their properties from the bulk material. This has triggered a large interest in the study of matter on the nano-scale, but the basic determination of the structures of nano-materials on an atomic scale can be exceedingly difficult. However, knowing the atomic arrangements of the clusters is one of the crucial ingredients that is needed for understanding their physical and chemical properties. Particularly sensitive to the internal cluster structure is vibrational spectroscopy, since it directly maps the bonding forces and, in its appropriate variant, it is susceptible to the cluster symmetry. We have recently demonstrated far-infrared multiple photon dissociation (far-IR-MPD) spectroscopy on transition metal cluster rare-gas complexes as a method to obtain the vibrational spectra in the range of their structure-specific vibrational fundamentals. The intense and tunable far-IR radiation needed for this is delivered by the Free Electron Laser for Infrared eXperiments FELIX. IR-MPD spectroscopy on the metal-cluster rare-gas complexes combined with quantum chemical calculations allows for the determination of the cluster structures. As examples we will discuss the growth behaviour of clusters of the group 5 transition metals (V, Nb, Ta) and of pure and doped silicon clusters.

A 7.2 Di 11:30 3D

Melting temperatures and latent heats of oxidized sodium clusters — ●CHRISTIAN HOCK, SAMUEL STRASSBURG, CHRISTOF BARTELS, HELLMUT HABERLAND, and BERND V. ISSENDORFF — Fakultät für Mathematik und Physik, Universität Freiburg, Stefan-Meier-Str. 19, 79104 Freiburg

Melting points and latent heats of oxidized Na cluster cations (Na_nO_2)⁺ in the size range $n = 135 \dots 191$ have been measured. The results are compared to earlier measurements performed on pure Na clusters [1]. The cluster ions are produced in a sodium evaporation source and oxidized by the addition of O_2 after exiting the aggregation tube. Then they are thermalized in a heat bath (helium 0.7 mbar) with controllable temperature (6 K...350 K).

A significant lowering of the melting points and the latent heats is observed. The variation of the melting temperature with cluster size for oxidized sodium clusters is remarkably similar to the one of pure sodium cluster. Furthermore there seems to be a correlation between the melting points of a Na_n^+ cluster and the corresponding ($\text{Na}_n + 2\text{O}_2$)⁺ cluster; the difference of their melting temperatures is always around 16 K. The latent heat is always reduced and the variation with cluster size is similar to the one of pure sodium clusters.

For a selected cluster size of $n = 144$ sodium atoms additional calorimetric curves have been measured for higher degrees of oxidation for 4 and 6 additional oxygen atoms. As expected, both the melting points and the latent heats are reduced further.

[1] H. Haberland *et al.*, Phys. Rev. Lett. **94**, 035701 (2005)

A 7.3 Di 11:45 3D

Winkelaufgelöste Photoelektronenspektroskopie an kalten Natrium-Clustern — ●CHRISTOF BARTELS, JAN HUWER, CHRISTIAN HOCK und BERND VON ISSENDORFF — Fakultät für Mathematik und Physik, Universität Freiburg, Stefan-Meier-Straße 21, 79104 Freiburg

Winkel- und energieaufgelöste Photoelektronenspektren von größenselektierten Na_n^- -Clustern ($n = 3 \dots 268$) nach Anregung mit ns-Laserpulsen mit 308 nm und 500 nm wurden gemessen. Zur Verbesserung der Auflösung der Spektren wurden die Cluster in einer RF-Ionenfalle auf etwa 20 K gekühlt. Für ausgewählte Clustergrößen (3, 4, 5, 7, 19, 33, 34, 55, 147) wurden zusätzlich mit einem Farbstofflaser Spektren als Funktion der Wellenlänge in kleinen Schritten im Bereich von 250 bis 755 nm gemessen.

Die Winkelverteilungen der auslaufenden Photoelektronen liefern Informationen über die Drehimpulse der Elektronen im Cluster, denn sie entstehen aus der Überlagerung derjenigen Partialwellen, die sich aus dem jeweiligen Anfangszustand gemäß den Auswahlregeln für Einphotonenabsorption $\Delta l = \pm 1$ und $\Delta m = 0$ bilden lassen. Diese Winkelverteilungen sind durch einen einzigen Anisotropieparameter β cha-

rakterisiert.

Die Experimente zeigen eine starke Abhängigkeit der Winkelverteilungen der Photoelektronen von der Clustergröße, vom elektronischen Zustand und von der Wellenlänge des anregenden Lichts. Sowohl für sehr kleine (Na_5^-) als auch für größere Cluster (Na_{147}^-) wurden bei bestimmten Wellenlängen Übergänge mit negativem β -Parameter beobachtet.

A 7.4 Di 12:00 3D

$L_{2,3}$ -Röntgenabsorptionsspektroskopie an freien, massenselektierten Metallclustern in einer Tieftemperaturionenfalle — ●KONSTANTIN HIRSCH¹, VICENTE ZAMUDIO-BAYER¹, JOCHEN RITTMANN¹, PHILIPP KLAR¹, MARLENE VOGEL¹, FABIAN LOFINK¹, ANDREAS LANGENBERG¹, ROBERT RICHTER¹, BERND VON ISSENDORFF², THOMAS MÖLLER¹ und TOBIAS LAU¹ — ¹Institut für Optik und Atomare Physik, Technische Universität Berlin, Hardenbergstraße 36, 10623 Berlin — ²Fakultät für Physik, Universität Freiburg, Stefan-Meier-Straße 21, 79104 Freiburg

Mit Hilfe der Röntgenabsorptionsspektroskopie wurde erstmals die lokale, unbesetzte Zustandsdichte an freien, massenselektierten Übergangsmetallclusterionen gemessen. Sämtliche Spektren wurden mit Ionenausbeutespektroskopie an der $L_{2,3}$ -Kante an der Synchrotronstrahlungsquelle BESSY aufgenommen. Die Cluster wurden mit einer Magnetronsputterquelle erzeugt, in einem Quadrupolmassenfilter selektiert und anschließend in einer Quadrupolionenfalle gespeichert, um sie mit weicher Röntgenstrahlung anzuregen. Anschließend wurden sie aus der Falle extrahiert und in einem Flugzeitmassenspektrometer detektiert. Diskutiert werden massenaufgelöste Röntgenabsorptionsspektren von Vanadium im Größenbereich von V^+ bis V_{10}^+ . Deutlich ist das Verschwinden der atomaren Multiplettstruktur bei Clustergrößen von 4-5 zu erkennen, einzig das Linienverhältnis L_2/L_3 behält annähernd atomaren Charakter.

A 7.5 Di 12:15 3D

Resonante Röntgenabsorptionsspektroskopie an massenaufgelösten Übergangsmetallclustern in der Gasphase — ●JOCHEN RITTMANN¹, VICENTE ZAMUDIO-BAYER¹, KONSTANTIN HIRSCH¹, MARLENE VOGEL¹, FABIAN LOFINK¹, PHILIP KLAR¹, BERND VON ISSENDORFF², THOMAS MÖLLER¹ und TOBIAS LAU¹ — ¹Technische Universität Berlin, IOAP, EW 3-1, Hardenbergstr. 36, D-10623 Berlin — ²Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Physik/FMF, Stefan-Meier-Str. 21, D-79104 Freiburg

Nach resonanter 2p-3d Anregung mit weicher Röntgenstrahlung wurde die Ionenausbeute von Übergangsmetallclustern (Ti, V, Co) gemessen. Durch die hochaufgelösten Massenspektren können mehrfach geladene Cluster erkannt werden, wodurch es erstmals möglich ist, die Röntgenabsorptionsspektren an freien Clustern in der Nähe der L_3/L_2 Kante massenaufgelöst darzustellen. Mit diesen XAS-Ionenausbeutespektren ist es uns möglich Größenabhängigkeiten der Cluster zu bestimmen. Die energetische Lage dieser Resonanzen gibt dabei Aufschluß über die Spin-Bahn-WW der 2p Elektronen. Aus dem Verhältnis der Intensitäten der L_3/L_2 Resonanzen kann ein gradueller Übergang vom Atom zum Festkörper hin verfolgt werden. Die Form der Resonanzlinien gibt dabei Aufschluß über die unbesetzte Zustandsdichte des jeweiligen Übergangsmetallclusters. Aus dem Vergleich von verschiedenen Ladungszuständen der Cluster bei unterschiedlichen Anregungsenergien kann eine Fragmentation dieser Cluster beobachtet werden. Diese gibt Aufschluß über die Stabilität der Cluster und ist für die Interpretation der Spektren von Interesse.

A 7.6 Di 12:30 3D

Directed Emission of Fast Electrons from Excited Metal Nanoparticles — ●JOHANNES PASSIG, THOMAS FENNEL, NGUYEN XUAN TRUONG, JOSEF TIGGESBÄUMKER, und KARL-HEINZ MEIWESBROER — Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, 18051-Rostock, Germany, www.physik.uni-rostock.de/cluster

Experimental studies on laser excited silver particles reveal a strong asymmetric electron emission characteristic giving electron kinetic energies of up to 1.3 keV in the direction of the laser polarization axis. It could be shown that in a dual pulse experiment the evolution of the plasmon frequency following the pump pulse enables resonant excitation by the probe pulse. The resulting electron energies, gained in

the nanometer scaled microplasma, as well as the spatial asymmetry in emission direction cannot be explained by a conventional hydrodynamical or a purely coulomb driven expansion process.

We present a novel acceleration mechanism through plasmon assisted, phase-matched electron-cluster rescattering (SPARC) [1], which is capable to explain the generation of a directed emission of high energy electrons obtained in the experiment. Moreover, Vlasov simulations show that an attosecond electron pulse train is generated.

[1] Th. Fennel, T. Döppner, J. Passig, Ch. Schaal, J. Tiggesbäumker, and K.-H. Meiwes-Broer, Phys. Rev. Lett. 98, 143401 (2007)

A 7.7 Di 12:45 3D

X-ray Absorption Spectroscopy of Size-Selected Metal Clusters: Neutral Beam vs. Ion Trap — •TOBIAS LAU¹, KONSTANTIN HIRSCH¹, PHILIPP KLAR¹, ANDREAS LANGENBERG¹, FABIAN LOFINK¹, ROBERT RICHTER¹, JOCHEN RITTMANN¹, MARLENE VOGEL¹, VICENTE ZAMUDIO-BAYER¹, BERND VON ISSENDORFF², and THOMAS MÖLLER¹ — ¹Technische Universität Berlin, Institut für Optik und Atomare

Physik, Hardenbergstraße 36, D-10623 Berlin — ²Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fakultät für Physik/FMF, Stefan-Meier-Straße 21, D-79104 Freiburg

Combining the element specific nature of inner-shell excitation with size-selected transition metal and semiconductor clusters yields a powerful technique to study cluster size and composition dependent changes in the electronic structure. Very recently, the first X-ray absorption spectra of free, size selected transition metal cluster cations could be recorded at the Berlin synchrotron radiation facility BESSY II. For small transition metal clusters ($n \leq 10$), the evolution of the $L_{2,3}$ edges from the monomer towards bulk can be followed atom by atom. While very small ($n = 2-4$) transition metal clusters show structured spectra similar to the monomer cation, already around $n = 5$ the clusters develop bulk-like X-ray absorption line shapes. These spectra will be discussed in comparison to XAS of size-selected, deposited clusters and of slightly larger transition metal clusters, investigated in a neutral beam.