Freiheit der Elektronen währt nur kurz

Freiheit der Elektronen währt nur kurz
Die Erzeugung einer großen Anzahl von Ladungen in einem Cluster durch einen intensiven Lichtpuls kann zur Bildung eines vorübergehenden Nanoplasmas führen, das aus freien Elektronen und Ionen besteht. In der Vergangenheit konnten bereits faszinierende Prozesse in Nanoplasmen beobachtet werden, wie z.B. die Kernfusion oder auch die Erzeugung neutraler Atome mit sehr hohen kinetischen Energien. Während Nanoplasmen routinemäßig während der Wechselwirkung von Clustern mit intensiven XUV-Pulsen von Freie-Elektronen Lasern erzeugt werden, ist ein detailliertes Verständnis der Prozesse innerhalb des Plasmas herausfordernd. Theoretische Modelle haben vorhergesagt, dass der Großteil der Elektronen im Cluster gefangen bleibt und letztlich mit Ionen rekombinieren kann, sodass sowohl Elektronen als auch Ionen in gewöhnlichen Experimenten nicht beobachtet werden können.
Eine experimentelle Untersuchung dieser Dynamiken ist jedoch äußerst wichtig, da die Prozesse in Clustern komplex und vielfältig sind und ihre detaillierte Vorhersage schwierig ist. Ein vielversprechender Weg zu einem besseren Verständnis der verschiedenen Mechanismen In Nanoplasmen ist die Entwicklung zeitaufgelöster Experimente. In diesem Zusammenhang sind intensive Quellen aus Höherer Harmonischen Generation (HHG) besonders interessant, die Lichtpulse bis hinunter in den Attosekunden-Bereich erzeugen können. Diese XUV-Quellen im Labor-Maßstab erlauben auf einfache Weise die Durchführung von Pump-Probe Experimenten an Clustern und können die Möglichkeiten, Dynamiken in Clustern zu verstehen, erheblich verbessern.
In einer internationalen Kollaboration angeführt von Forschern des Max-Born-Instituts konnte nun das erste Pump-Probe Experiment an Clustern mit einer intensiven HHG-Quelle durchgeführt werden. In der aktuellen Ausgabe von Physical Review Letters [112, 253401 (2014)] Physical Review Letters 112.253401, (2014), präsentieren Bernd Schütte, Marc Vrakking, Arnaud Rouzée und ihre Kollegen Filippo Campi von der Universität aus Lund und Mathias Arbeiter und Thomas Fennel von der Universität Rostock die Ergebnisse dieser Untersuchungen. Die Entwicklung einer Technik der Reionization of Excited Atoms from Recombination (REAR) (zu Deutsch: Reionisation angeregter Atome aus der Rekombination) ermöglicht es zum ersten Mal, Information über Ladungszustände vor der Rekombination rückzuschließen.
Mit der Hilfe von Probe-Pulsen im Nahinfrarot (NIR)-Bereich wurde eine überraschend umfangreiche Erzeugung von angeregten Atomen beobachtet, und es konnte gezeigt werden, dass diese Atome aus Rekombinations-Prozessen zwischen Elektronen und Ionen stammen. Es wurde demonstriert, dass Elektronen im Nanoplasma, die durch Photoionisation erzeugt werden, nur für eine kurze Zeitspanne von bis zu 10 Pikosekunden quasi-frei sind, bevor sie Rekombinations-Prozesse mit umgebenden Ionen eingehen. Mehr Information über diese Mechanismen wurde durch die Erzeugung spezieller Cluster erhalten, die aus einem Xenon-Kern und einer Argon-Hülle bestehen.
Diese Untersuchungen haben gezeigt, dass Rekombination bevorzugt im Xenon-Kern des Clusters stattfindet. Es wurde demonstriert, dass die Wellenlänge des ionisierenden Laserpulses, der mit dem Cluster wechselwirkt, nicht wichtig ist: die Erzeugung angeregter Atome aus Rekombinations-Prozessen wurde auch beobachtet, wenn NIR oder blaues Licht anstatt der XUV-Pulse verwendet wurde. Dies zeigt, dass die aktuellen Erkenntnisse generelle Auswirkung haben für die Erklärung früherer Experimente, die in verschiedenen Wellenlängen-Bereichen durchgeführt wurden. Des Weiteren konnte mithilfe der REAR Technik die Expansion des Clusters bis in den Nanosekunden-Bereich verfolgt werden.
Unsere Ergebnisse zeigen die bemerkenswerte Vielseitigkeit intensiver HHG-Pulse für die Studie von dynamischen Prozessen in Clustern. In Zukunft wird die Untersuchung von anderen ausedehnten Systemen wie Biomolekülen von der Verfügbarkeit dieser XUV-Lichtquellen im Labor-Maßstab profitieren können.
Originalveröffentlichung:
Bernd Schütte, Filippo Campi, Mathias Arbeiter, Thomas Fennel, Marc J. J. Vrakking and Arnaud Rouzée: "Tracing electron-ion recombination in nanoplasmas produced by extreme-ultraviolet irradiation of rare-gas clusters",
Physical Review Letters 112.253401,(2014)
Kontakt:
Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI)
Max-Born-Str. 2A, 12489 Berlin
Dr. Bernd Schütte Tel: 030 6392 1248
Prof. Marc J.J. Vrakking Tel: 030 6392 1200
Dr. Arnaud Rouzée Tel: 030 6392 1240
Abb 1:
Zeitaufgelöste Xe+ Ionen-Ausbeute nach XUV-Ionisation von gemischten Clustern bestehend aus einem Xenon-Kern und einer Argon-Hülle. Ein NIR-Puls bei zwei verschiedenen Intensitäten wird zum Abtasten verwendet. Bei einer Intensität von 2x10(hoch)13 W/cm(hoch)2 hat die Ionen-Ausbeute ein Maximum bei einer Verzögerungszeit von etwa 3 Pikosekunden aufgrund eines gut bekannten Plasma-Resonanz Effektes. Bei der geringeren Intensität von 2x10(hoch)12 W/cm(hoch)2 steigt das Signal während der ersten 10 Pikosekunden monotonisch an, welches als Zeitskala der Elektronen-Ionen Rekombination identifiziert wird.
Abb. 2:
(a) Zweidimensionale Impulsabbildung von Elektronen, die die Impulsverteilung der emittierten Elektronen in paralleler (vertikal) und senkrechter Richtung (horizontal) zur XUV/NIR Laser Polarisationsrichtung zeigt, nach XUV-Ionisation und NIR-Probepuls an Argon Clustern mit einer durchschnittlichen Größe von 3500 Atomen. Die Ring-Struktur entspricht der Ionisation von angeregten Atomen durch den NIR-Puls.
(b) Das entsprechende kinetische Energie-Spektrum zeigt ein Maximum bei einer Energie von 0,6 eV, welcher aus der NIR Einzelphotonen-Ionisation der 4d und 5p angeregten Zustände in Argon resultiert.
Das Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI) gehört zum Forschungsverbund Berlin e.V. (FVB), einem Zusammenschluss von acht natur-, lebens- und umweltwissenschaftlichen Instituten in Berlin. In ihnen arbeiten mehr als 1.500 Mitarbeiter. Die vielfach ausgezeichneten Einrichtungen sind Mitglieder der Leibniz-Gemeinschaft. Entstanden ist der Forschungsverbund 1992 in einer einzigartigen historischen Situation aus der ehemaligen Akademie der Wissenschaften der DDR.

Forschungsverbund Berlin e.V.
Rudower Chaussee 17
12489 Berlin
Deutschland
Telefon: 030 63 92 - 33 30
Telefax: 030-6392 3333
Mail: info@fv-berlin.de
URL: http://www.fv-berlin.de/
<img src="http://www.pressrelations.de/new/pmcounter.cfm?n_pinr_=569199" width="1" height="1">

Pressekontakt

Forschungsverbund Berlin e.V.

12489 Berlin

fv-berlin.de/
info@fv-berlin.de

Firmenkontakt

Forschungsverbund Berlin e.V.

12489 Berlin

fv-berlin.de/
info@fv-berlin.de

Der Forschungsverbund Berlin e.V. (FVB) ist Träger von insgesamt acht natur-, lebens- und umweltwissenschaftlichen Forschungsinstituten in Berlin, die unter Wahrung ihrer wissenschaftlichen Eigenständigkeit im Rahmen einer einheitlichen Rechtspersönlichkeit gemeinsame Interessen wahrnehmen. Als Forschungseinrichtungen von überregionaler Bedeutung und gesamtstaatlichem wissenschaftspolitischem Interesse werden die Institute im Rahmen der gemeinsamen Forschungsförderung von Bund und Ländern nach Art. 91b GG finanziert. Die Institute verfügen über eine gemeinsame administrative Infrastruktur ("Verbundverwaltung") und sind Mitglieder der Leibniz-Gemeinschaft.Die Institute des Forschungsverbundes sind:
Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) Leibniz-Institut für Molekulare Pharmakologie (FMP) Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB) Leibniz-Institut für Kristallzüchtung (IKZ) Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW)
Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie (MBI) Paul-Drude-Institut für Festkörperelektronik (PDI) Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik, Leibniz-Institut im Forschungsverbund Berlin e. V. (WIAS)Im Forschungsverbund arbeiten rund 1.400 Mitarbeiter, Diplomanden, Doktoranden und Gastwissenschaftler. Die Direktoren der Institute und weitere leitende Wissenschaftler sind Professoren an den Universitäten in Berlin/Brandenburg und sichern so eine enge Verbindung zu Lehre und Forschung in den Hochschulen. Seit Januar 2010 übt der Forschungsverbund auch Verwaltungsdienstleistungen im Bereich Personal und Finanzen für das Museum für Naturkunde Berlin aus.