

Ultrakurzzeit-Experimente im Schnelldurchlauf

Laserforscher der MEGAS-Kooperation verkürzen die Dauer von Messkampagnen zur Beobachtung von Elektronenbewegungen um den Faktor 1000

Garching, 5. Februar 2019 – **Wer den Mikrokosmos erforschen will, braucht Ausdauer. Experimente, die Ultrakurzzeit-Untersuchungen von Elektronendynamiken beinhalten, dauern oft mehrere Wochen. Wenn man die Bewegungen der Elementarteilchen mit Lichtblitzen mit Attosekunden-Dimensionen erkunden will, werden in der Regel aufwendige Messreihen erstellt und riesige Datensätze generiert. Jetzt haben Laserphysiker des Labors für Attosekundenphysik (LAP) am Max-Planck-Institut für Quantenoptik (MPQ), der Ludwig-Maximilians-Universität (LMU) und der Fraunhofer-Gesellschaft im Projekt MEGAS eine Technologie entwickelt, die die Dauer von Experimentierzeiten für Ultrakurzzeit-Messkampagnen deutlich verkürzt.**

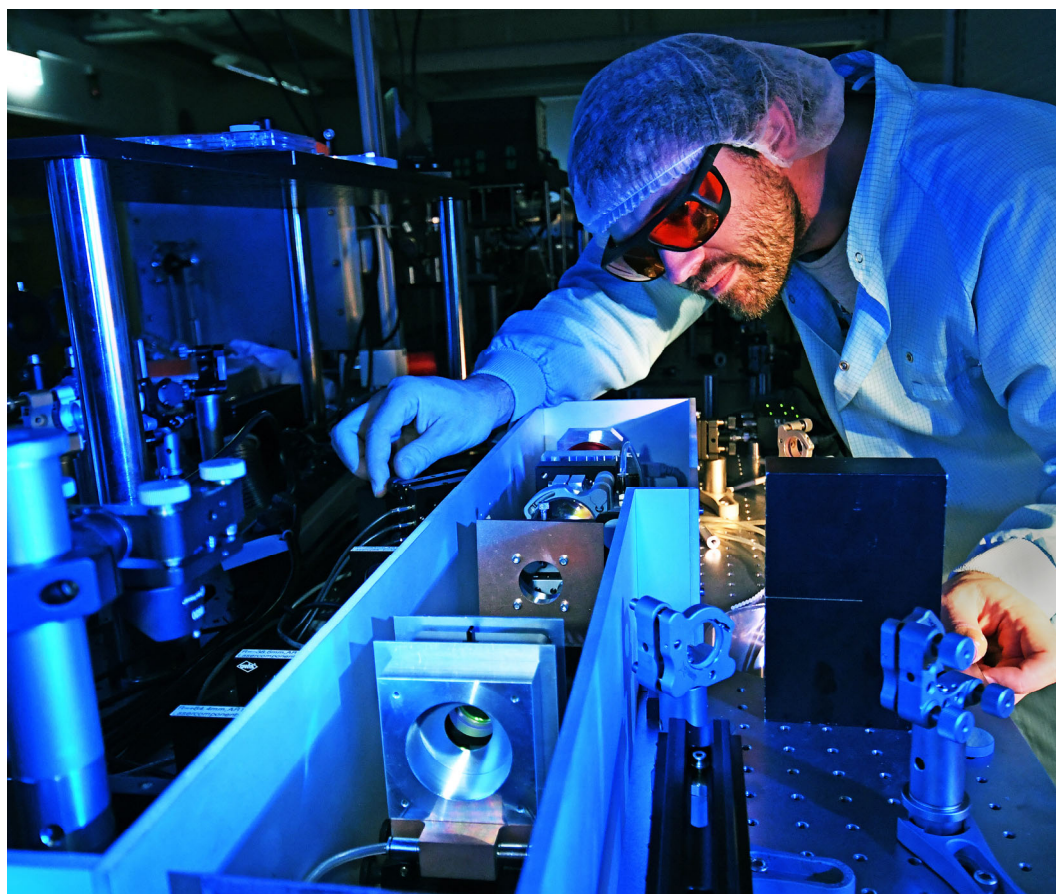
**Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit**

Jessica Gruber

+49 89 32905 235
jessica.gruber@mpq.mpg.de

Max-Planck-Institut
für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

www.mpq.mpg.de



Herzstück dieser Technik ist ein Überhöhungsresonator. In ihm werden Laserpulse so konfiguriert, dass sie rund 18,4 Millionen Mal pro Sekunde genug Energie zur Verfügung stellen, um aus ihnen wiederum Attosekunden-Lichtblitze zu erzeugen, die für Ultrakurzzeit-Experimente geeignet sind. | Foto: Thorsten

Ultraschnelle Photonenspektroskopie verschafft uns seit rund zwei Jahrzehnten Einblicke in die Bewegungen von Elektronen in Atomen, Molekülen und Festkörpern in einer zeitlichen Auflösung von Attosekunden. Eine Attosekunde ist ein Milliardstel einer milliardstel Sekunde. Bisher limitieren lange Messzeiten viele Experimente, besonders dann, wenn bei Elektronen, deren Energie, ihr Impuls und ihr Emissionsort in der Materie erkundet werden soll. Denn Elektronen stoßen sich gegenseitig ab. Und für präzise Messungen, möchte man nur wenige Elektronen pro Laserschuss aus der Probe lösen.

Das Problem haben nun Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik, der Ludwig-Maximilians-Universität München sowie der zwei Fraunhofer-Institute für Lasertechnik und für Angewandte Optik und Feinmechanik im Projekt ME-GAS, im Rahmen der Kooperation zwischen der Max-Planck- und der Fraunhofer-Gesellschaft gelöst. Sie haben eine neue Quelle für Attosekunden-Lichtblitze im extremen ultravioletten Bereich (XUV) des elektromagnetischen Spektrums entwickelt, die sich rund 18,4 Millionen Mal in der Sekunde wiederholen und damit die Experimentierzeiten deutlich verkürzen. Mit Attosekunden-Lichtblitzen „filmen“ die Forscher die Elektronen in den Experimenten. „Mit der neuen Technologie ist es möglich, rund 1000 Mal höhere Pulswiederholungsraten zu erzeugen, als es bisher möglich war, wodurch die Messzeit um denselben Faktor verkürzt wird“, erklärt loachim Pupeza, der Leiter des Projekts.

Herzstück der Technologie ist eine Weiterentwicklung eines Überhöhungsresonators. In ihm werden Laserpulse zwischen Spiegeln so lange verstärkt bis sie Attosekunden-Lichtblitze erzeugen, die über rund 500.000 Photonen (25 bis 60 eV) pro XUV-Blitz verfügen. Bei einer Wiederholungsrate von rund 18,4 Millionen Blitzen pro Sekunde (18,4 MHz) ist dies eine bisher nicht erreichte Energiedichte. Diese Lichtblitze, konfiguriert als Attosekunden-Pulszüge, ließen die Forscher in einem Demonstrationsexperiment auf einen Wolframkristall auftreffen. Die Blitze schlugen aus dem Wolfram wiederum Elektronen (Photoelektronen) heraus, deren Eigenschaften die Physiker analysierten (Photonenspektroskopie).

„Während man bei derartigen Experimenten bisher mit niedriger Wiederholungsrate lange auf den nächsten Laserpuls warten musste, werden bei unserem Aufbau praktisch ununterbrochen Photoelektronen aus dem Wolfram detektiert“, erklären Stephan Heinrich und Tobias Saule, beide Erstautoren der Studie. So ist es nun möglich, Messzeiten in ultraschnellen Photoelektronen-Experimenten, die auch eine räumliche Auflösung beinhalten, von mehreren Tagen auf einige Minuten zu reduzieren. „Die Entwicklung ist von großer Bedeutung für die Materialforschung und eröffnet neue Möglichkeiten für die Untersuchung von lokalen elektrischen Feldern in Nanostrukturen, zum Beispiel für künftige Anwendungen in der Informationsverarbeitung mit Lichtwellen“, ergänzt Pupeza. (Thorsten Naeser)

Originalveröffentlichung

T. Saule, S. Heinrich, J. Schötz, N. Lilienfein, M. Högner, O. deVries, M. Plötner, J. Weitenberg, D. Esser, J. Schulte, P. Russbuedt, J. Limpert, M. F. Kling, U. Kleineberg and I. Pupeza

High-flux ultrafast extreme-ultraviolet photoemission spectroscopy at 18.4 MHz pulse repetition rate

Nature Communications, Volume 10, Article number: 458 (2019), 28 January 2019
DOI: 10.1038/s41467-019-08367-y

Kontakte

Dr. Joachim Pupeza

Ludwig-Maximilians-Universität (LMU)
Am Coulombwall 1, 85748 Garching
Labor für Attosekundenphysik (LAP)
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching
Tel.: +49 89 32905 557
E-Mail: joachim.pupeza@mpq.mpg.de
www.attoworld.de/frm

Thorsten Naeser

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit / Labor für Attosekundenphysik
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching
Telefon: +49 89 32905 124
E-Mail: thorsten.naeser@mpq.mpg.de

Jessica Gruber

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans-Kopfermann-Str. 1, 85748 Garching
Telefon: +49 89 32905 235
E-Mail: jessica.gruber@mpq.mpg.de