

Press release

Technische Universität Wien

Dr. Florian Aigner

01/27/2020

<http://idw-online.de/en/news730511>

Research results, Scientific Publications
Physics / astronomy
transregional, national



Wie man ein Bild von einem Lichtpuls macht

Um die Form von Lichtpulsen zu messen, brauchte man bisher komplizierte Messanlagen. Ein Team von MPI Garching, LMU München und TU Wien schafft das nun viel einfacher.

Mit modernen Lasern lassen sich heute extrem kurze Lichtpulse erzeugen, mit denen man dann Materialien untersuchen oder sogar medizinische Diagnosen erstellen kann. Dafür ist es allerdings wichtig, den genauen zeitlichen Verlauf der Laser-Lichtwellen zu messen. Bisher benötigte man dafür einen großen, komplizierten Versuchsaufbau. Nun gelingt das auch in einem winzigen Kristall mit einem Durchmesser von weniger als einem Millimeter – durch eine Kooperation des MPI für Quantenoptik in Garching, der LMU München und der TU Wien. Die neue Methode soll nun helfen, wichtige neue Details über die Wechselwirkung von Licht und Materie zu klären.

Mit Elektronen Licht anschauen

Untersucht wurden extrem kurze Lichtpulse mit einer Dauer in der Größenordnung von Femtosekunden (10⁻¹⁵ Sekunden). „Um die Form dieser Lichtwellen sichtbar zu machen, muss man sie zunächst mit Elektronen wechselwirken lassen“, erklärt Prof. Joachim Burgdörfer vom Institut für Theoretische Physik der TU Wien. „Aus der Reaktion der Elektronen auf das elektrische Feld des Lasers kann man dann sehr genau auf die Form des Lichtpulses schließen.“

Die bisher gebräuchliche Variante einen Infrarot-Laserpuls zu vermessen war es, zusätzlich noch einen viel kürzeren Laserpuls mit einer Wellenlänge im Röntgenbereich einzusetzen. Beide Pulse schickt man dann zusammen durch ein Gas. Der Röntgenpuls ionisiert einzelne Atome, Elektronen werden frei, die dann im elektrischen Feld des Infrarot-Laserpulses bewegt werden. Diese Bewegung der Elektronen wird gemessen, und wenn man dieses Experiment sehr oft durchführt – mit unterschiedlichen zeitlichen Abständen zwischen den beiden Pulsen – kann man daraus am Ende die Form des Infrarot-Laserpulses rekonstruieren. „Der experimentelle Aufwand für dieses Verfahren ist sehr groß“, erklärt Prof. Christoph Lemell (TU Wien). „Man benötigt einen komplizierten Versuchsaufbau mit Vakuumanlagen und vielen optischen Elementen und Detektoren.“
Messung in winzigen Siliziumdioxid-Kristallen

Daher kam man auf die Idee, Lichtpulse nicht in einem Gas, sondern stattdessen in einem Festkörper zu vermessen. „Im Gas muss man Atome ionisieren, um freie Elektronen zur Verfügung zu haben. In einem Festkörper genügt es, den Elektronen ausreichend viel Energie mitzugeben, damit sie sich durch den Laser im Festkörper bewegen können“, erklärt Isabella Floss (TU Wien). Der elektrische Strom, der dadurch entsteht, lässt sich dann direkt messen.

Dazu verwendet man winzige Kristalle aus Siliziumdioxid, mit einem Durchmesser von wenigen hundert Mikrometern. Sie werden von zwei verschiedenen Laserpulsen getroffen: Der Puls, der untersucht werden soll, kann eine beliebige Wellenlänge haben, im Bereich von ultraviolettem Licht über sichtbare Farben bis hin zum langwelligen Infrarot. Während dieser Laserpuls den Kristall durchdringt, feuert man einen weiteren Infrarot-Puls auf den Kristall. „Dieser zweite Puls ist so stark, dass er durch nichtlineare Effekte unbewegliche Elektronen im Kristall auf ein höheres Energieniveau anhebt – die Elektronen werden beweglich. Und zwar zu einem ganz bestimmten Zeitpunkt, den man

sehr genau einstellen kann“, erklärt Joachim Burgdörfer.

Sobald sich die Elektronen im Kristall bewegen können, werden sie vom elektrischen Feld des ersten Strahls beschleunigt – dadurch entsteht elektrischer Strom, der direkt am Kristall gemessen wird. Dieses Signal gibt genau Auskunft über die Form des Lichtpulses.

Viele Anwendungsmöglichkeiten

Die TU Wien steuerte wichtige theoretische Berechnungen und Computersimulationen bei, das Experiment fand am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching statt. „Durch diese enge Zusammenarbeit von Theorie und Experiment konnten wir nun zeigen, dass die neue Methode sehr präzise funktioniert, und zwar in einem großen Wellenlängenbereich, vom Ultravioletten bis weit in das Infrarot“, sagt Christoph Lemell. „Die Wellenform von Lichtpulsen lässt sich jetzt weitaus einfacher und kompakter messen als bisher.“

Die neue Methode eröffnet viele interessante Anwendungsmöglichkeiten: Neuartige Materialien sollten sich damit präzise charakterisieren lassen, man kann fundamentale physikalische Fragen rund um die Wechselwirkung zwischen Licht und Materie beantworten, und sogar für die Analyse komplexer Moleküle ist die neue Methode interessant – etwa um Krankheiten schon durch die Untersuchung von winzigen Blutproben zuverlässig und rasch aufspüren zu können.

contact for scientific information:

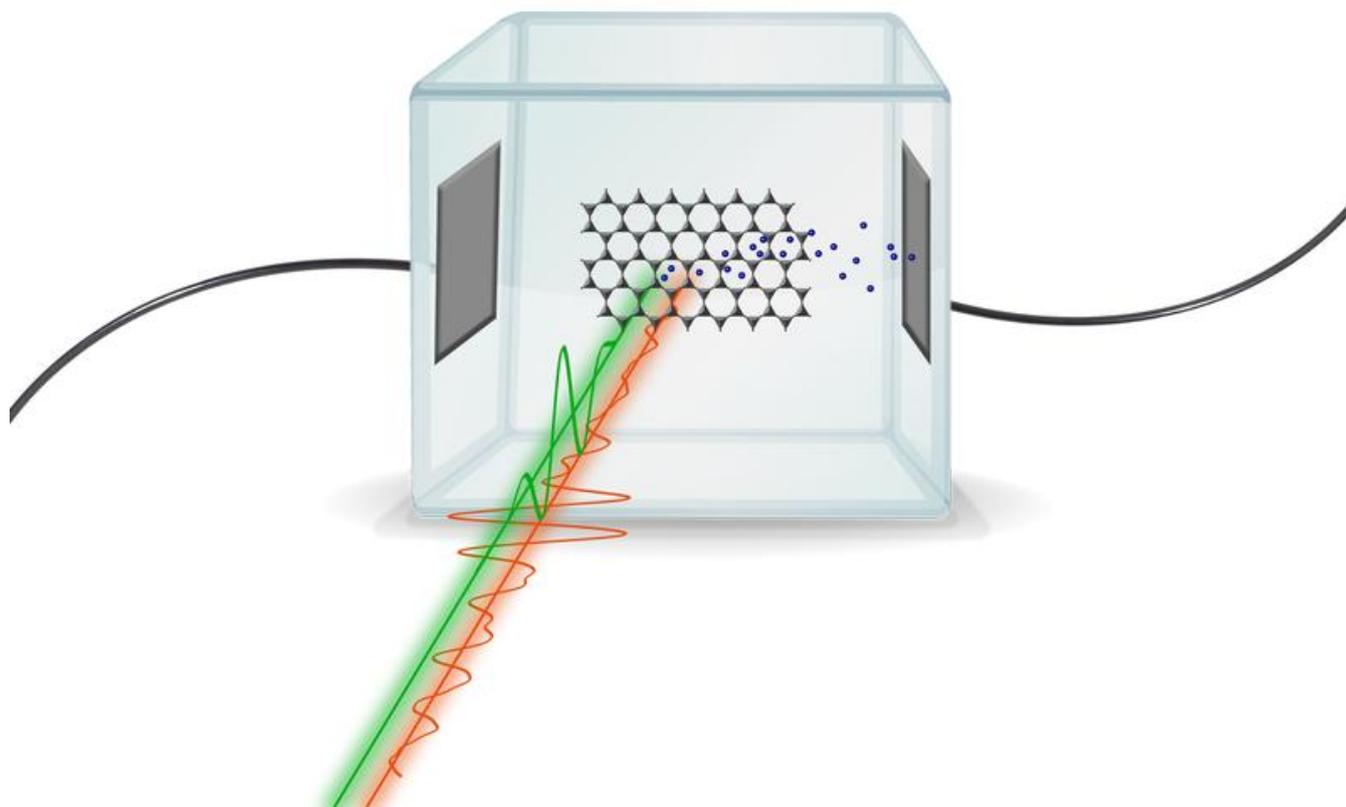
Prof. Christoph Lemell
Institut für Theoretische Physik
Technische Universität Wien
Wiedner Hauptstraße 8-10, 1040 Wien
T +43-1-58801-13612
christoph.lemell@tuwien.ac.at

Prof. Joachim Burgdörfer
Institut für Theoretische Physik
Technische Universität Wien
Wiedner Hauptstraße 8-10, 1040 Wien
T +43-1-58801-13610
joachim.burgdoerfer@tuwien.ac.at

Dipl.-Ing. Isabella Floss
Institut für Theoretische Physik
Technische Universität Wien
Wiedner Hauptstraße 8-10, 1040 Wien
T +43-1-58801-13605
isabella.floss@tuwien.ac.at

Original publication:

S. Sederberg et al., Attosecond optoelectronic field measurement in solids, Nature Communications 11, 430 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s41467-019-14268-x>



Zwei Pulse treffen auf Siliziumdioxid
TU Wien