

Pressemitteilung

Technische Universität Wien

Dr. Florian Aigner

18.01.2023

<http://idw-online.de/de/news807847>

Forschungsergebnisse
Elektrotechnik, Physik / Astronomie
überregional



Eine neue, bessere Technik für Röntgenlaserpulse

Deutlich einfacher und gleichzeitig viel effizienter als bisher: An der TU Wien wurde eine neue Technologie zur Herstellung von Röntgenlaserpulsen entwickelt.

Die Röntgenstrahlung, mit der man im Krankenhaus ein gebrochenes Bein untersucht, ist einfach herzustellen. In der Industrie braucht man aber auch Röntgenstrahlung ganz anderer Art – nämlich möglichst kurze, energiereiche Röntgen-Laserpulse. Man verwendet sie etwa bei der Herstellung von Nanostrukturen und elektronischen Bauteilen, aber auch um den Ablauf chemischer Reaktionen in Echtzeit zu überwachen.

Starke, extrem kurzweilige Röntgenpulse im Wellenlängenbereich von Nanometern, sind schwierig herzustellen, doch nun entwickelte man an der TU Wien aber eine neue, einfachere Methode: Der Ausgangspunkt ist nicht wie bisher ein Titanium-Saphir-Laser, sondern ein Ytterbium-Laser. Der entscheidende Trick steckt darin, dass man das Licht anschließend durch ein Gas schickt, um seine Eigenschaften gezielt zu verändern.

Große Wellenlängen führen zu kurzen Wellenlängen

Die Wellenlänge eines Laserstrahls hängt vom Material ab, in dem er erzeugt wird: In den beteiligten Atomen oder Molekülen wechseln Elektronen von einem Zustand in einen Zustand mit geringerer Energie. Dabei wird ein Photon ausgesendet – seine Wellenlänge (und somit seine Farbe) hängt davon ab, wie viel Energie das Elektron bei seinem Zustandswechsel verloren hat. So kann man unterschiedliche Laserfarben erzeugen – von rot bis violett.

Wenn man allerdings Laserstrahlen mit noch viel kleinerer Wellenlänge erzeugen möchte, dann muss man spezielle Tricks anwenden: Man erzeugt zunächst Laserstrahlen mit großer Wellenlänge und schießt sie auf Atome. Den Atomen wird ein Elektron entrissen, es wird im elektrischen Feld des Lasers beschleunigt, kehrt dann wieder um und stößt wieder mit dem Atom zusammen, aus dem es kam – und dabei kann dann kurzweilige Röntgenstrahlung entstehen. Diese Technik heißt „High Harmonic Generation“.

„Die Situation erscheint auf den ersten Blick etwas kontra-intuitiv“, sagt Paolo Carpeggiani vom Institut für Photonik der TU Wien. „Es zeigt sich nämlich: Je größer die Wellenlänge des ursprünglichen Laserstrahls, umso kleinere Wellenlängen kann man am Ende dadurch erzielen.“ Allerdings sinkt dabei auch die Effizienz der Röntgenstrahlungs-Produktion: Wenn man sehr kurzweilige Strahlung erzeugen möchte, dann wird ihre Intensität sehr gering.

Ytterbium statt Titanium-Saphir, Gas statt Kristall

Bisher hat man bei dieser Technologie fast immer Titanium-Saphir-Laser verwendet und die Wellenlänge ihrer Strahlung dann mit speziellen Kristallen vergrößert, um damit dann durch High-Harmonic-Generation möglichst kurzweilige Röntgenstrahlung zu generieren. Das Team an der TU Wien entwickelte nun aber eine einfachere und

gleichzeitig leistungsfähigere Methode: Man setzte einen Ytterbium-Laser ein. Ein solcher Laser ist einfacher, billiger und leistungsfähiger als ein Titanium-Saphir-Laser, doch bisher kam man damit bei der Produktion von Röntgenpulsen nicht an die Ergebnisse von Titanium-Saphir-Lasern heran.

An der TU Wien wurde die Wellenlänge der Laserstrahlung zunächst vergrößert, indem man diese Strahlung nicht wie gewöhnlich durch einen Kristall schickte, sondern durch ein molekulares Gas. „Das erhöht die Effizienz ganz dramatisch“, sagt Paolo Carpeggiani. „Statt der bisher üblichen 20% kommen wir auf rund 80%.“

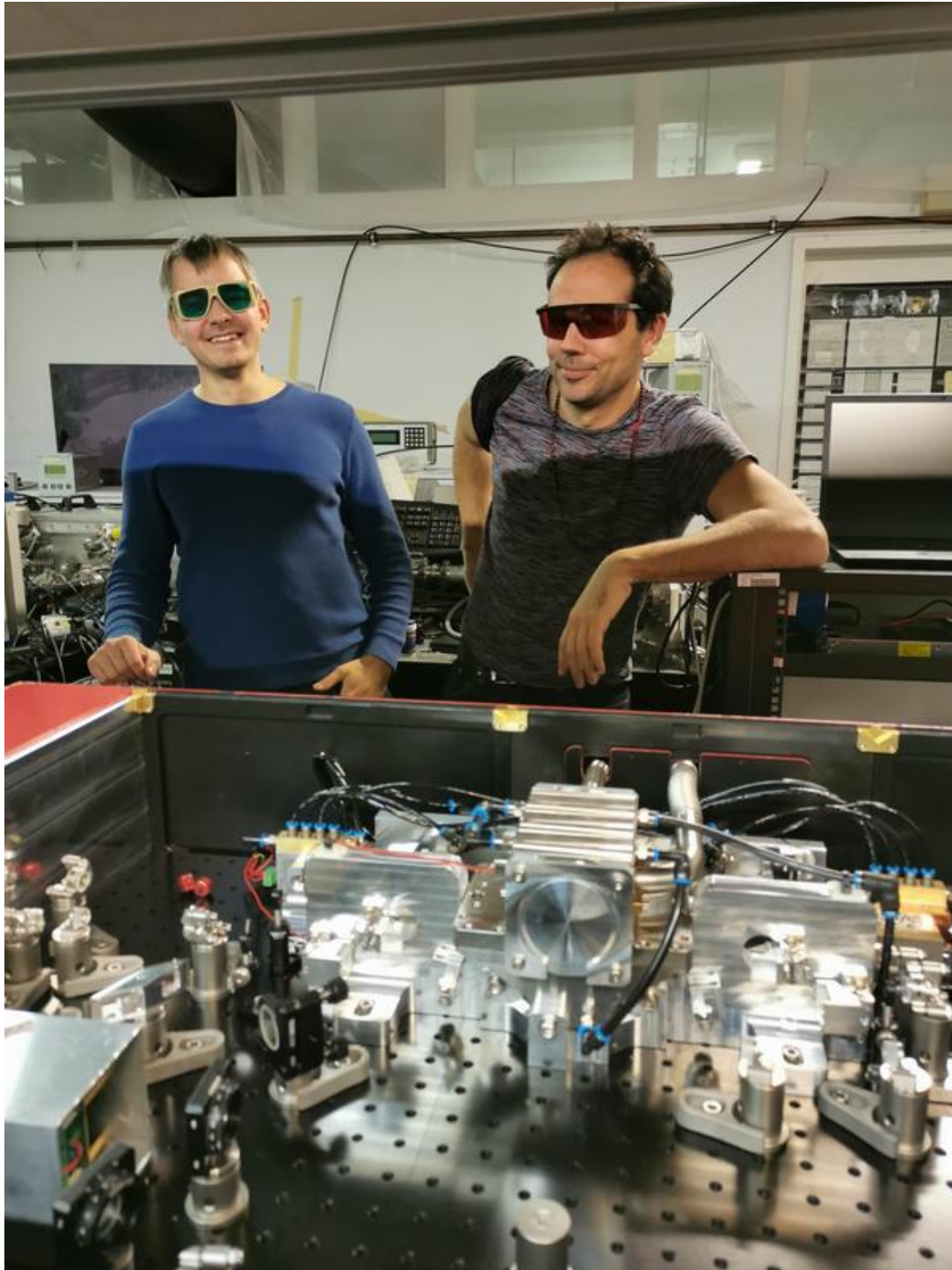
Das dadurch entstehende Laserlicht kann man dann wie bisher für High-Harmonic-Generation nutzen um Röntgen-Laserpulse zu erzeugen. „Wir konnten zeigen, dass die neue Technik von Ytterbium-Lasern, kombiniert mit Gas-basierter Wellenlängen-Konversion, nicht nur in der Lage ist, Röntgen-Laserpulse zu erzeugen, sondern das auch noch bei deutlich höherer Effizienz als bisher gelingt.“ Damit ist es nun einfacher und kostengünstiger, Röntgenlaser für industrielle Anwendungen oder wissenschaftliche Untersuchungen zu verwenden.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Paolo Carpeggiani, PhD
Institut für Photonik
Technische Universität Wien
paolo.carpeggiani@tuwien.ac.at

Originalpublikation:

M. Dorner-Kirchner et al., HHG at the Carbon K-Edge Directly Driven by SRS Red-Shifted Pulses from an Ytterbium Amplifier, ACS Photonics (2022). <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acsp Photonics.2c01021>



Edgar Kaksis (links) und Paolo Carpeggiani
TU Wien
TU Wien