

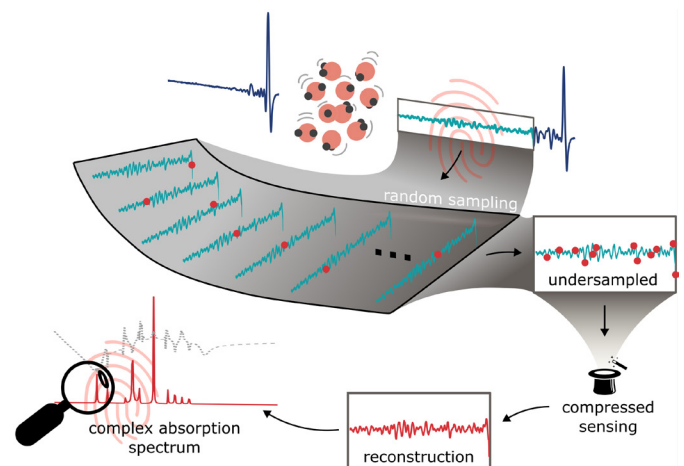
PRESSE- MITTEILUNG

Beschleunigung der spektroskopischen Analyse

ERLANGEN, 24. APRIL 2024

Die ultraschnelle Laserspektroskopie ermöglicht die Erfassung dynamischer Vorgänge auf extrem kurzen Zeitskalen, und macht sie damit zu einem sehr nützlichen Instrument für viele wissenschaftliche und industrielle Anwendungen. Ein großer Nachteil ist die beträchtliche Messzeit, die diese Technik in der Regel erfordert, was oft zu langen Messzeiten von Minuten bis Stunden führen kann. Wissenschaftler haben nun eine Lösung entwickelt, die die spektroskopische Analyse beschleunigt. Die Ergebnisse des Projekts unter der Leitung von Hanieh Fattahi, Forschungsgruppenleiterin am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, welches in Kooperation mit Industriepartnern aus Deutschland und Frankreich erfolgt, wurden kürzlich im *Journal of Ultrafast Science* veröffentlicht.

Ultrakurze Pulse spielen eine wichtige Rolle in spektroskopischen Anwendungen. Ihre große spektrale Bandbreite ermöglicht die gleichzeitige Charakterisierung der Probe bei verschiedenen Frequenzen, so dass keine wiederholten Messungen oder Laserabstimmungen erforderlich sind. Darüber hinaus ermöglicht ihre extreme zeitliche Begrenzung eine zeitliche Isolierung der Probenantwort vom Hauptanregungspuls. Die Reaktion der Probe, die mit umfassenden spektroskopischen Informationen angereichert ist, dauert von einigen zehn Femtosekunden bis zu Nanosekunden (10^{-15} bis 10^{-9} Sekunden) und wird in der Regel durch einen kürzeren Puls mit verschiedenen Zeitverzögerungen untersucht. In Verbindung mit anderen Techniken, wie der mehrdimensionalen kohärenten Spektroskopie oder der hyperspektralen Bildgebung, erleichtert die ultraschnelle Spektroskopie die Identifizierung unbekannter Inhaltsstoffe. Das Streben nach Echtzeitmessungen stößt jedoch auf Hindernisse, vor allem aufgrund der umfangreichen Datenerfassung, da diese für jedes Pixel mit hoher spektraler Bandbreite erforderlich ist. Die Folgen sind erhebliche Verzöge-



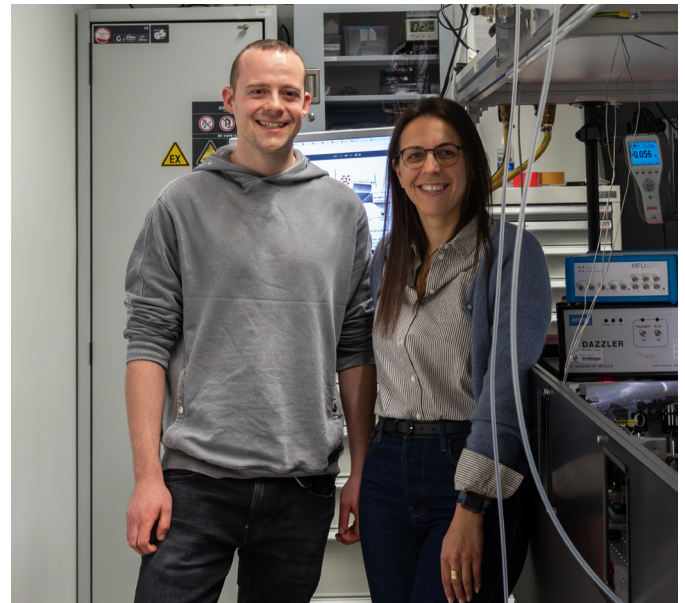
Visuelle Zusammenfassung der komprimierten Abtastung von feldaufgelösten molekularen Fingerabdrücken. (Reprint: DOI: 10.34133/ultrafastscience.006, © Hanieh Fattahi, MPL)

rungen bei der Datenerfassung, verlängerte Verarbeitungszeit und ein erhöhtes Datenvolumen.

Forscher*innen haben eine Lösung entwickelt, um die spektroskopische Analyse zu beschleunigen. Kilian Scheffter, Doktorand in der Gruppe „Femtosekunden-Feldoskopie“ von Hanieh Fattahi, erklärt: „Die Reaktion von Molekülen auf ultrakurze Anregungspulse ist in vielen Proben typischerweise spärlich, was bedeutet, dass die Reaktion nur bei bestimmten Frequenzen auftritt, die als molekulare Fingerabdrücke bekannt sind. Durch eine strategische Zufallsanordnung der Messpunkte kann ein bekannter Algorithmus, der so genannte Compressed Sensing Algorithmus, das Signal effizient rekonstruieren. Somit können weniger Datenpunkte verwendet werden, als die durch das Nyquist-Kriterium vorgegebene Grenze. Die größte Herausforderung

„Die beschleunigte Zeitbereichsspektroskopie bietet mehrere Vorteile, zum Beispiel bei der Vereinfachung der labelfreien Abbildung empfindlicher Proben, bei der Echtzeit-Umweltüberwachung und Freiluftdiagnostik von toxischen und gefährlichen Gasen sowie bei der molekularen Feldoskopie“, sagt Dr. Hanieh Fattahi.

„Die beschleunigte Zeitbereichsspektroskopie bietet mehrere Vorteile, zum Beispiel bei der Vereinfachung der labelfreien Abbildung empfindlicher Proben, bei der Echtzeit-Umweltüberwachung und Freiluftdiagnostik von toxischen und gefährlichen Gasen sowie bei der molekularen Feldoskopie“, sagt Dr. Hanieh Fattahi.



Forschungsgruppenleiterin Dr. Hanieh Fattahi (rechts) gemeinsam mit Kilian Scheffter (links) im Labor.

© Susanne Viezens, MPL

Originalveröffentlichung in Ultrafast Science:

Kilian Scheffter, Jonathan Will, Claudius Riek, Herve Josselin, Sebastien Coudreau, Nicolas Forget, Hanieh Fattahi “Compressed Sensing of Field-resolved Molecular Fingerprint Beyond the Nyquist Frequency”, Ultrafast Science (2024).

DOI: [10.34133/ultrafastscience.0062](https://doi.org/10.34133/ultrafastscience.0062)
<https://spj.science.org/doi/10.34133/ultrafastscience.0062>

Wissenschaftlicher Kontakt:

Dr. Hanieh Fattahi / Forschungsgruppenleiterin
„Femtosekunden-Feldoskopie“ am Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts, Erlangen.
www.mpl.mpg.de / hanieh.fattahi@mpl.mpg.de

Das Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPL) deckt ein breites Forschungsspektrum ab, darunter nichtlineare Optik, Quantenoptik, Nanophotonik, photonische Kristallfasern, Optomechanik, Quantentechnologien, Biophysik und – in Zusammenarbeit mit dem Max-Planck-Zentrum für Physik und Medizin – Verbindungen zwischen Physik und Medizin. Das MPL wurde im Januar 2009 gegründet und ist eines der über 80 Institute der Max-Planck-Gesellschaft, die Grundlagenforschung in den Natur-, Bio-, Geistes- und Sozialwissenschaften im Dienste der Allgemeinheit betreiben.