

Garching, 17. Oktober 2013

Presse-Information

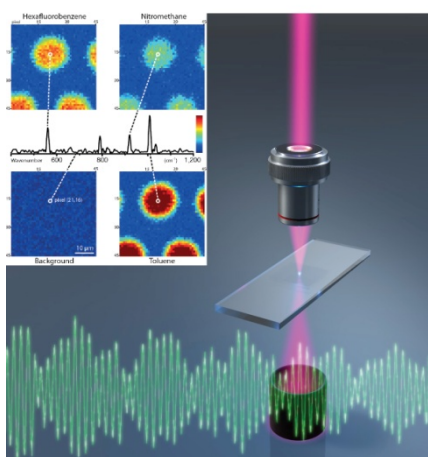
Am Herzschlag von Molekülen

Für die schnelle Identifizierung komplexer Moleküle erproben Forscher am Max-Planck-Institut für Quantenoptik erfolgreich die Raman-Spektroskopie mit zwei Laser-Frequenzkämmen.

Ein Team von Wissenschaftlern um Prof. Theodor W. Hänsch and Dr. Nathalie Picqué aus der Abteilung Laser-Spektroskopie am Max-Planck-Institut für Quantenoptik, in Kooperation mit der Ludwig-Maximilians-Universität München und dem Institut des Sciences Moléculaires d'Orsay (Frankreich), hat eine neue Technik entwickelt, die eine schnelle Identifizierung verschiedenster komplexer Moleküle unter dem Mikroskop erlaubt. Ihre Technik kohärenter Raman-Spektroskopie mit zwei Laserfrequenzkämmen ist ein großer Schritt in Richtung des „heiligen Grals“: der biomelekularen Abbildung in Echtzeit ohne Färbung der Proben (Nature 502, 17. Oktober 2013).

Wie beeinflussen Medikamente eine lebende Zelle? In welcher Hinsicht verändern Botenmoleküle den Zellstoffwechsel? Diese Fragen sind derzeit nur schwer zu beantworten, da Zellen hochkomplexe „chemische Fabriken“ darstellen, die unentwegt unterschiedlichste Moleküle synthetisieren, konsumieren und metabolisieren. Biologen nutzen derzeit spezielle fluoreszente Farbstoffe um bestimmte Proteine in den Zellen zu markieren, so dass sie diese unter dem Mikroskop erkennen und unterscheiden können. Doch diese Farbstoffe können ihrerseits die Zellfunktionen verändern. Viele biologisch und technisch relevante Moleküle besitzen charakteristische Absorptionsspektren im mittleren Infrarot, bei diesen großen Wellenlängen lässt sich jedoch keine gute räumliche Auflösung erzielen.

Um Moleküle ohne solche Markierungen hochselektiv und mit guter räumlicher Auflösung zu identifizieren, dient seit langem die kohärente Raman-Spektroskopie als Alternative. Raman-Spektroskopie erlaubt es, tiefliegende



oder grundlegende vibronische Energieniveaus der zu identifizierenden Moleküle zu untersuchen, und bietet so Zugang zu derselben Information wie die Spektroskopie im mittleren Infrarot. Im Gegensatz zu dieser verwendet nichtlineare Raman-Spektroskopie aber sichtbares oder nahinfrarotes Licht, was eine gute räumliche Auflösung sowie eine dreidimensionale Schnittdarstellung der zu untersuchenden Probe erlaubt. Doch um Bilder möglichst schnell zu liefern, konzentrieren sich die bislang üblichen Raster-Raman-Mikroskope meistens auf ein bestimmtes spektrales Element der ausgewählten Molekülsorte.

Abbildung: Am Herzschlag von Molekülen (in einer Flüssigkeit).

Presse- und
Öffentlichkeitsarbeit
Dr. Olivia Meyer-Streng

Tel.: 089 / 32 905-213
E-Mail: olivia.meyer-
streng@mpq.mpg.de

Hans-Kopfermann-Str. 1
D-85748 Garching

Tel.: 089 / 32 905-0
Fax: 089 / 32 905-200

Für die Analyse einer komplexen Mischung von Molekülen mit möglicherweise unbekanntem Komponenten wird jedoch für jeden Bildpixel ein vollständiges Raman-Spektrum benötigt. Bislang verfügbare Techniken waren dafür viel zu langsam. Den MPQ-Wissenschaftlern ist es jetzt gelungen, vollständige Raman-Spektren mit guter Auflösung auf einer Zeitskala von Mikrosekunden zu messen. Der Schlüssel zu diesem Erfolg war der Einsatz von zwei Laser-Frequenzkämmen. Der Trick dabei bestand darin, die Zeitdifferenz zwischen zwei Laser-Pulsen, einem Anregungs- und einem Abfragepuls, schnell zu verändern, ohne die Verwendung beweglicher Teile, und gleichzeitig Schwankungen in der Intensität des kohärenten Anti-Stokes-Signals zu messen, die mit der Frequenz der molekularen Vibrationschwingungen moduliert sind. Dies ermöglichte die schnelle Aufzeichnung eines breitbandigen Raman-Spektrums, mit nur einem einzigen Photodetektor.

„Wenn wir den Detektor durch eine Kamera ersetzen würden, würde dies eine „hyperspektrale“ Bildgebung in Echtzeit ermöglichen“, erklärt Takuro Ideguchi, Doktorand am Experiment. „Denn dann könnten wir für jeden Pixel der Bildebene ein vollständiges Raman-Spektrum aufzeichnen.“ Die Wissenschaftler erwarten, dass ihr „proof-of-principle“-Experiment neue Wege ermöglichen wird für bildgebende und spektroskopische Verfahren. Mit einer Weiterentwicklung ihres Systems planen sie, das Potential ihrer Technik für die Untersuchung biologischer Proben zu erkunden.

„Es ist sehr spannend, dass ein ursprünglich für die Frequenzmetrologie entwickeltes Werkzeug wie der Frequenzkamm nun interdisziplinäre Anwendungen findet, die weit über seinen ursprünglichen Zweck hinausgehen“, resümiert Simon Holzner, der ebenfalls im Rahmen dieser Forschungsarbeit promoviert. [NP]

Originalveröffentlichung:

T. Ideguchi, S. Holzner, B. Bernhardt, G. Guelachvili, N. Picqué and T.W. Hänsch
Coherent Raman spectro-imaging with laser frequency combs
Nature **502**, 355-358, 17. Oktober 2013, DOI: 10.1038/nature12607

Kontakt:

Prof. Dr. Theodor W. Hänsch
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Hans Kopfermann-Straße 1
85748 Garching
Tel: +49 (0) 89 32905 -712
E-Mail: t.w.haensch@mpq.mpg.de

Dr. Nathalie Picqué
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Tel.: +49 (0) 89 32905 -290
E-Mail: nathalie.picque@mpq.mpg.de

Dr. Olivia Meyer-Streng
Presse- und Öffentlichkeitsarbeit
Max-Planck-Institut für Quantenoptik
Tel.: +49 (0) 89 32 905 -213
Fax: +49 (0) 89 32 905 -200
E-Mail: olivia.meyer-streng@mpq.mpg.de