



Pressemitteilung

Tübinger Forschungsgruppe baut winziges gekoppeltes optisches Pendel

Plasmonenresonanz von Goldstäbchen lässt sich auf den Nanometer genau stimmen – Künftiger Anwendungsbereich in der Mikroskopie und bei ultra-schnellen Computern

Dr. Karl Guido Rijkhoek
Leiter

Janna Eberhardt
Forschungsredakteurin

Telefon +49 7071 29-76788
+49 7071 29-77853

Telefax +49 7071 29-5566
karl.rijkhoek[at]uni-tuebingen.de
janna.eberhardt[at]uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/aktuell

Tübingen, den 06.08.2015

Forschern aus der Arbeitsgruppe von Professor Alfred Meixner und PD Dr. Marc Brecht vom Institut für Physikalische und Theoretische Chemie der Universität Tübingen ist es gelungen, einen ultrakleinen, extrem präzise durchstimmbaren optischen Schalter von nur wenigen Hundert Nanometer Größe zu bauen – ein Nanometer entspricht einem Millionstel Millimeter. Der experimentelle Aufbau beruht auf einem Prinzip, das als gekoppeltes optisches Pendel beschrieben werden kann. Die verbundenen Pendel bestehen aus einem nur 40 Nanometer langen Goldstäbchen und einem stimmbaren optischen Mikroresonator. Solch winzige Schalter könnten in der Mikroskopie Anwendung finden oder auch in schnellen, dabei jedoch sehr kleinen Computern. Die Forschungsergebnisse wurden in der aktuellen Ausgabe der *Nano Letters* veröffentlicht.

Werden Goldstäbchen dieser geringen Größe mit rotem Licht beleuchtet, können ihre Leitungselektronen kollektiv zum Schwingen angeregt werden und so für kurze Zeit die Energie des Lichts speichern. Man spricht bei diesem Phänomen von Plasmonenschwingungen. Gleichzeitig wird dadurch ein starkes elektromagnetisches Wechselfeld in unmittelbarer Nähe des Goldstäbchens erzeugt, wodurch es seine Energie wieder abstrahlt. Die Resonanzfrequenz dieser Schwingungen wird durch die Größe und Form der Goldpartikel bestimmt. „Das Wechselfeld des Goldpartikels ist somit unser erstes optisches Pendel“, erklärt Alfred Meixner. Seine Schwingungsfrequenz lasse sich jedoch nur indirekt, beispielsweise über elektromagnetische Felder wie etwa sichtbares Licht verändern, was bisher nur sehr ungenau bewerkstelligt werden könne.

Das zweite optische Pendel im Experiment der Forscher ist ein sogenannter optischer Mikroresonator. Hierbei wird durch zwei parallel angeordnete Spiegel ein Hohlraum gebildet, der in der Lage ist, eingestrahktes Licht für kurze Zeit einzusperren. Ist der Abstand der Spiegel so einge-

stellt, dass sichtbares Licht eine stehende Welle zwischen den Spiegeln ausbilden kann, dann entsteht im Hohlraum ein elektromagnetisches Wechselfeld einer bestimmten und präzise einstellbaren Frequenz. „Dieser Abstand ist unter anderem bei der halben Wellenlänge des Lichts erreicht und liegt somit im Bereich von wenigen hundert Nanometern“, erklärt Marc Brecht. „Wir haben hier in Tübingen einen verlässlichen, reproduzierbaren und einfachen Aufbau entwickelt, mit dem wir den Spiegelabstand bis auf den Nanometer genau einstellen können.“

Im Experiment erhielten die Forscher durch Veränderung des Abstands beziehungsweise die Wellenlänge im Resonator entsprechend eine Abstrahlung von Licht variierender Wellenlänge von dem Goldstäbchen. „Die im Gesamtsystem gespeicherte Energie wird abwechselnd zwischen der Plasmonenschwingung im Goldstäbchen und der stehenden Welle im Resonator ausgetauscht“, sagt Brecht. „Die Systeme sind stark gekoppelt.“ Je ähnlicher sich die Frequenzen dieser beiden Pendel sind, umso stärker wird der Effekt. „Die Stärke der Kopplung zwischen Mikroresonator und Plasmon reicht aus, um die optischen Eigenschaften des Goldstäbchens gezielt zu verändern. Das gelingt uns einfach dadurch, dass wir den Spiegelabstand in Nanometerschritten vergrößern oder verkleinern“, setzt Meixner hinzu.

Bisher war es nicht möglich, die optischen Eigenschaften der Plasmonenschwingungen von nanoskopischen Goldpartikeln allein durch ihre optische Umgebung zu verändern. „In immer größerem Maße wird eine Verkleinerung von Bauelementen zum optischen Schalten und Übertragen von schnellen Signalen gefordert, wie wir sie heute schon in Glasfasernetzen nutzen“, sagt der Wissenschaftler. Miniaturisierte Elemente, die mit optischen Feldern schaltbar sind, könnten in naher Zukunft beispielsweise in ultra-schnellen Computern Anwendung finden. Aber auch das sich rasant entwickelnde Feld der Mikrobiologie sei angewiesen auf kleinste optische Sensoren, die Auskunft über fundamentale Eigenschaften der mikroskopischen und nanoskopischen Bausteine der belebten Natur geben.

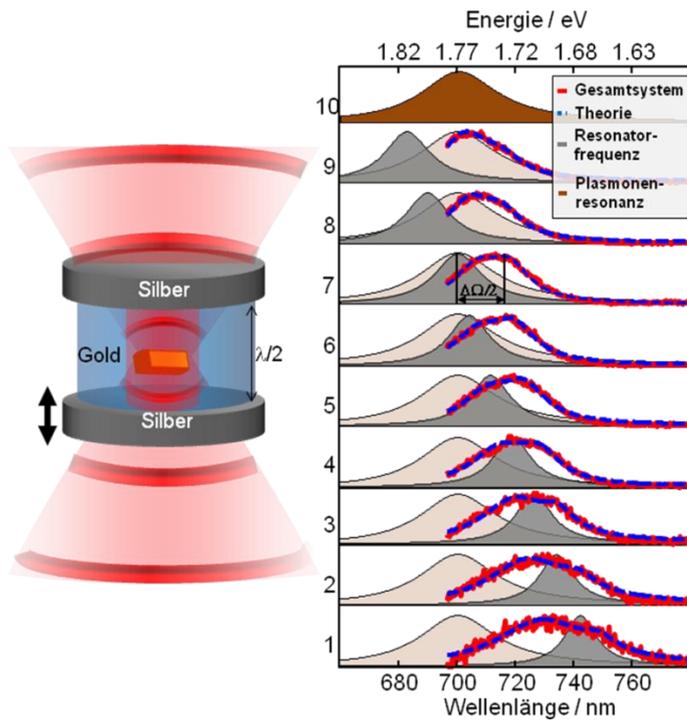
Originalveröffentlichung:

Alexander Konrad, Andreas M. Kern, Marc Brecht, and Alfred J. Meixner: Strong and Coherent Coupling of a Plasmonic Nanoparticle to a Subwavelength Fabry–Pérot Resonator. *Nano Letters*, Vol 15 (7), 2015, DOI 10.1021/acs.nanolett.5b00766

Kontakt:

Prof. Dr. Alfred Meixner
Universität Tübingen
Institut für Physikalische und Theoretische Chemie
Telefon +49 7071 29-76903
alfred.meixner[at]uni-tuebingen.de

www.uni-tuebingen.de/Meixner/press.html



Links: Schematische Darstellung des Experiments mit dem Resonator und dem Goldstäbchen. Der Spiegelabstand ist in etwa halb so lang wie die Wellenlänge des Lichts ($\lambda/2$). Rechts: Messungen der optischen Eigenschaften des Systems (hier in Form von Spektren) bei Bestrahlen mit einem Laser zur Anregung der Plasmonenschwingung im Goldstäbchen (beigefarbene Kurven) und nach Bestrahlen mit weißem Licht zur Bestimmung der Resonanzwellenlänge des Hohlraumes je nach eingestelltem Spiegelabstand. Die roten Kurven zeigen die Emissions-Spektren des gekoppelten Systems. Abbildung: Alexander Konrad/Universität Tübingen