

UniPressedienst

Klaus P. Prem/KPP (verantwortlich)
Michael Hallermayer/MH
Corina Härning/CH
Dr. Anna Ruile/AR (Schwerpunkt Medizin)
Pressestelle der Universität Augsburg
86135 Augsburg
Telefon 0821/598-2094
info@presse.uni-augsburg.de
www.presse.uni-augsburg.de

107/19 – 22. Juli 2019

MOF@SAW oder: Nanobeben und molekulare Schwämmchen zum Wiegen und Trennen winzigster Massen

Augsburger Chemiker und Physiker berichten, wie ihnen die extrem schwierige Trennung von Wasserstoff und Deuterium in einem Gasgemisch gelungen ist.

Augsburg/AW/DV/KPP – Dank der hier vor Ort entwickelten und bereits vielfach angewendeten Surface Acoustic Waves-Technologie (SAW) ist die Universität Augsburg international als das Epizentrum für „Nanobeben auf dem Chip“ anerkannt. Durch Hochfrequenzsignale induzierte Schallwellen, die sich an der Oberfläche eines Chips ausbreiten und empfindlich auf jegliche Störung auf ihrem Weg reagieren, sind Kern dieser Technologie. Mit ihr ist es in einer Kooperation zwischen Augsburger Physikern und Chemikern und einem Theorie-Kollegen aus Valencia jetzt gelungen, einen neuartigen Sensor zu entwickeln, der es möglich macht, winzigste Massen und Massenänderungen in Echtzeit nachzuweisen und zur Isotopentrennung zu verwenden.

Forscher an den Augsburger Lehrstühlen für Experimentalphysik I und für Festkörperchemie haben die Nanobeben bzw. die SAW dazu genutzt, ultra-mikroporöse Nanokristallite aus so genannten MOF, das sind metallorganischen Gerüstverbindungen/Metal Organic Frameworks, dann zu wiegen, wenn sie ganz spezifisch mit Gasen beladen werden. Die Oberflächenwellen registrieren bei ihrem Durchgang durch diese „Nano-Schwämmchen“ in kürzester Zeit nicht nur jegliche Massenveränderung der Kristallite sondern auch deren Selektivität. Auf diese Weise konnten die Augsburger Wissenschaftler jetzt die schwierige Trennung der Isotope eines Gasgemischs aus Wasserstoff (H_2) und seines natürlichen Isotops Deuterium (D_2 , „schwerer Wasserstoff“) erfolgreich realisieren und nachweisen.

Die MOF sieben, die SAW wiegen

Der Atomkern von Deuterium besitzt im Gegensatz zu Wasserstoff ein zusätzliches Neutron, die Masse von D_2 entspricht deshalb etwa der doppelten von H_2 , allerdings ohne dass sich dabei die Größe der Atome bzw. Moleküle wesentlich ändern würde. Begibt man sich in tiefen Temperatu-

ren, in die Welt der Quanten also, so zeigt sich, dass die MOF-Schwämmchen sich ab 64°K bzw - 209°C preferentiell mit D₂ vollsaugen. Grund dafür ist ein Quanteneffekt, nach dem diese selektive Gastrennung auch benannt ist: Die MOF agieren unter diesen extremen Bedingungen nämlich als so genanntes „Quantensieb“. Wesentlich für das Quantensieben ist, dass sich das Diffusionsverhalten von Gasen bei sehr tiefen Temperaturen und durch Bewegung in einem regelmäßigen Gitter auf den Kopf stellt: In vollständigem Widerspruch zu unseren Alltagserfahrungen beim Sieben bzw. Filtern verteilen sich die schwereren Teilchen im Quantensieb schneller als die leichteren. Und diese Veränderung des Diffusionsverhaltens können die SAW auf einem dazu speziell entworfenen Chip nicht nur sehr schnell, sondern auch mit höchster Präzision erfassen.

Die eine Welle ungehindert über die Chipoberfläche, die andere durch den MOF-Filter

Wie die beigefügte Grafik verdeutlicht, werden dazu im Zentrum dieses Chips zwei akustische Wellen (Nanobeben) per Hochfrequenzsignal (\approx) durch einen zentralen interdigitalen Transducer generiert. Die eine der beiden Welle wird über einen unbedeckten, nicht 'sensibilisierten' Teil der Chipoberfläche gejagt, die andere durch den selektiven MOF-Quantensieb (graue Fläche in der Grafik). Beide Wellen breiten sich dabei mit einer extrem hohen Geschwindigkeit von mehreren Kilometern pro Sekunde nach links und rechts zu den beiden Enden des Chips hin aus. Die dünne Schicht aus ultraporösen, metallorganischen Gerüstverbindungen (MOF), durch die die eine Welle hindurch muss, agiert dabei hoch selektiv als Filterschwämmchen für Gase. Unterhalb einer bestimmten Temperatur entsteht aufgrund der oben beschriebenen Quanteneffekte die Selektivität dieses Filters für die schwerere D₂-Komponente und ermöglicht dadurch deren effektive Trennung von der H₂-Komponente. Die unterschiedlichen Geschwindigkeiten mit denen die quantengesiebte bzw. gefilterte Welle einerseits und die ungefilterte andererseits an den Enden des Chips ankommen, um dort detektiert und miteinander verglichen (x) werden zu können, weisen das Quantensieben in Echtzeit und mit bislang unerreichter Präzision nach.

Echtzeit-Detektion von Schadstoffen und Umweltgiften

„Beflügelt von diesen hervorragenden Ergebnissen unserer gemeinsamen Experimente, insbesondere davon, dass uns mit ihnen sogar die extrem schwierige Trennung von H₂ und D₂ in einem Gasgemisch gelungen ist, sehen wir jetzt eine Vielzahl neuer und industriell sowie gesellschaftlich relevanter Anwendungen voraus“, sagt Prof. Dr. Dirk Volkmer, der Chemiker im Team. „Wir werden unsere neuartigen Sensoren nach ihrer Feuertaufe nun für die Echtzeit-Detektion von Schadstoffen und Umweltgiften weiterentwickeln und optimieren.“ Der Plan ist, die Sensoren mit einer Vielzahl von unterschiedlich synthetisierten und funktionalisierten MOF-Pixeln zu versehen, die mit dem Miniaturerdbeben auf dem Chip dann selektiv gewogen werden können. Volkmer: "Von solch einer präzisen MOF@SAW-Analyse von Atemluft etwa wird dann auch die medizinische Diagnostik profitieren können."

"Überfälliger" Einzug auch in die Chemie

Für Volkmers Physik-Partner, den Nanowissenschaftler und SAW-Pionier Prof. Dr. Achim Wixforth, ist es eine große Genugtuung, "dass unsere Nanoerdbeben über die Nanoelektronik, die Nanomechanik, die Photonik und die Mikrofluidik für medizinische und biophysikalische

Fragestellungen hinaus nun endlich auch Einzug in die Chemie gefunden haben – zumal wir kaum zu hoffen gewagt hätten, dass die Kombination MOF@SAW derart gut funktioniert.“

Originalpublikation:

Die Forschungsergebnisse wurden kürzlich im renommierten Chemie-Fachjournal „Chemistry“ als „Hot Paper“ publiziert: *Benjamin Paschke, Dmytro Denysenko, Björn Bredenkötter, German Sastre, Achim Wixforth, Dirk Volkmer: Dynamic Studies on Kinetic H₂/D₂ Quantum Sieving in a Narrow Pore Metal–Organic Framework Grown on a Sensor Chip, in: Chemistry. A European Journal, 27 June 2019, <http://doi.org/10.1002/chem.201900889>*

Wissenschaftliche Ansprechpartner:

Prof. Dr. Dirk Volkmer
dirk.volkmer@physik.uni-augsburg.de
Telefon +49(0)821-598-3006

Prof. Dr. Achim Wixforth
achim.wixforth@physik.uni-augsburg.de
Telefon +49(0)821-598-3300

Mehr über frühere Ergebnisse der SAW- und MOF-Forschung an der Universität Augsburg:

<http://idw-online.de/de/news700292>
<http://idw-online.de/de/news640335>
<http://idw-online.de/de/news638786>
<http://idw-online.de/de/news631902>
<http://idw-online.de/de/news630024>

<http://idw-online.de/de/news703646>
<http://idw-online.de/de/news584081>
<http://idw-online.de/de/news510372>