

## Pressemitteilung

Paul Scherrer Institut (PSI)

Dagmar Baroke

21.09.2020

<http://idw-online.de/de/news754318>

Forschungsergebnisse, Wissenschaftliche Publikationen  
Physik / Astronomie  
überregional



## Ein elektronisches Material massschneiden

Forschende des PSI haben grundlegende Erkenntnisse über ein vielversprechendes Material gewonnen, das sich für zukünftige Anwendungen in der Datenspeicherung eignen könnte. In ihren Experimenten mit dem Strontium-Iridium-Oxid  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$  untersuchten sie gleichzeitig den Magnetismus sowie die elektronischen Eigenschaften von dünnen Materialfilmen und analysierten, wie sich diese Eigenschaften durch Verzerrung der Filme gezielt einstellen lassen. Möglich machte diese Studie eine Röntgentechnik, bei der das PSI zur Weltspitze gehört. Die Resultate werden heute in der Fachzeitschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences* veröffentlicht.

Für zukünftige magnetische Datenspeicher suchen Forschende nach geeigneten Materialien mit Eigenschaften, die sich möglichst wunschgemäß einstellen lassen. Ein aussichtsreicher Kandidat hierfür ist das Material Strontium-Iridium-Oxid, also ein Metalloxid mit der chemischen Notation  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ . PSI-Forschende haben dieses Material nun zusammen mit Kollegen in Polen, den USA und Frankreich untersucht.

«Das Stichwort unserer Forschung heisst Spintronik», sagt Thorsten Schmitt, Leiter der PSI-Forschungsgruppe für Spektroskopie neuartiger Materialien. Die Spintronik nutzt nicht nur die elektrische Ladung des Elektrons, sondern auch seinen inneren Drehsinn, den Spin, um bessere elektronische Bauteile zu entwickeln.

Anwendungen der Spintronik gibt es bereits heute in Festplatten. Dabei kommen aber Materialien zum Zug, die «normal» magnetisch sind – Ferromagnete wie Eisen oder Nickel, bei denen die Spins parallel zueinander ausgerichtet sind. Ihr Problem: Ferromagnetische Datenspeicherpunkte, also Bits, müssen relativ weit auseinanderliegen, damit sie sich nicht gegenseitig stören. Besonders viel versprechen sich die Experten daher vom Einsatz antiferromagnetischer Materialien, bei denen die Spins in entgegengesetzte Richtungen weisen. Antiferromagnete sind deshalb von aussen betrachtet magnetisch neutral. Ein antiferromagnetisches Bit würde darum seine Nachbarn nicht stören. «Diese Bits liessen sich daher enger packen, wir hätten also mehr Daten auf dem gleichen Raum», sagt Schmitt. «Ausserdem liessen sich diese Daten schneller ein- und auslesen.»

Das untersuchte Strontium-Iridium-Oxid ist ein solches antiferromagnetisches Material. Es handelt sich um einen Kristall, innerhalb dessen Iridium- und Sauerstoff-Atome winzige Oktaeder bilden. «Wir nennen dies eine Perowskit-Struktur», erklärt Milan Radovic, Physiker am PSI und Mitautor der neuen Studie. «Es ist ein ideales Material, um seine funktionalen Eigenschaften gezielt zu manipulieren», so Radovic weiter.

Dünne Filme verzerren

Um solche Manipulationen durchzuführen und mehr über die Eigenschaften des vielversprechenden Materials zu erfahren, brachten die PSI-Forschenden eine dünne, kristalline  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ -Schicht jeweils als Hauptfilm auf verschiedene kristalline Trägermaterialien auf. Der Trick dabei: Das Trägermaterial sorgt dafür, dass die Kristallstruktur des aufgetragenen Films verzerrt wird. «Es ist, als ob wir unser Material auf der Ebene der Atome ziehen oder zusammendrücken würden», erklärt Schmitt. In der Folge verdrehen und verschieben sich die Perowskit-Oktaeder leicht

gegeneinander. Das schliesslich führt dazu, dass sich die Eigenschaften des Materials als Ganzes verändern.

Der Clou: Mit dieser Methode lassen sich die magnetischen und elektronischen Eigenschaften des Materials gezielt und besonders fein einstellen. Und da in elektronischen Komponenten diese Art Materialien ohnehin in Form dünner Filme verwendet werden, liegen Anwendungen in diesem Bereich nahe.

Ein globales Bild erhalten

Um ihre Materialproben detailliert zu untersuchen, verwendeten die PSI-Forschenden eine spezielle Röntgentechnik, die am PSI entscheidend weiterentwickelt wurde. Das Verfahren heisst «Resonante inelastische Röntgenstreuung», kurz RIXS für englisch: «Resonant Inelastic X-Ray-Scattering». Mit RIXS führten die Forschenden am PSI ihre Experimente mit sogenanntem weichem Röntgenlicht durch. Weitere Präzisionsmessungen mit energiereicherer, harter Röntgenstrahlung an der europäischen Anlage European Synchrotron Radiation Facility in Grenoble und bei Advanced Photon Source in Argonne, USA, ergänzten die Arbeiten in der Schweiz.

«Mit vielen Methoden schaut man sich entweder den Magnetismus oder die elektronischen Eigenschaften genau an», erklärt Schmitt. «Mit RIXS dagegen können wir beide Eigenschaften in der gleichen Messung untersuchen und somit direkt miteinander in Relation setzen. Kurz gesagt: Wir haben ein globales Bild unserer Probe angestrebt und auch erhalten.»

Unter anderem konnten die Forschenden nachvollziehen, wie sich die elektronischen Eigenschaften ändern, wenn das Kristallgitter des  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ -Films verzerrt wird, und wie diese Dynamik mit der Änderung des Magnetismus gekoppelt ist. Beides geht Hand in Hand – und liefert wichtige Erkenntnisse für potenzielle Anwendungen.

Vorbild Supraleiter

Konkret konnte die Gruppe das Strontium-Iridium-Oxid so modifizieren, dass die magnetischen Eigenschaften ähnlicher zu einer anderen Klasse spannender Materialien werden: den Hochtemperatur-Supraleitern aus Kupferoxiden, auch Kuprate genannt. Diese weisen ebenfalls eine Perowskit-ähnliche Struktur auf. In ihrem Experiment zogen und verdrehten die Forschenden den  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$ -Film so, dass sich die Abstände der Kristallgitterstruktur vergrösserten und sich zusätzlich eine Rotation einstellte. «So ist es uns gelungen, das Material einem Kuprat ähnlicher zu machen», sagt Schmitt. «Allerdings hat man damit noch lange keinen neuen Supraleiter», dämpft er übertriebene Hoffnungen. Auch bis die aktuellen Erkenntnisse zu neuen Anwendungen in der Datenspeicherung führen könnten, dürften seiner Meinung nach noch zehn oder zwanzig Jahre vergehen. «Unsere Aufgabe sind Grundlagenstudien, die aber von immenser Wichtigkeit sind, um bei der Entwicklung von neuen Materialien die entscheidenden Schritte in die richtige Richtung zu machen.»

Text: Barbara Vonarburg

-----  
Über das PSI

Das Paul Scherrer Institut PSI entwickelt, baut und betreibt grosse und komplexe Forschungsanlagen und stellt sie der nationalen und internationalen Forschungsgemeinde zur Verfügung. Eigene Forschungsschwerpunkte sind Materie und Material, Energie und Umwelt sowie Mensch und Gesundheit. Die Ausbildung von jungen Menschen ist ein zentrales Anliegen des PSI. Deshalb sind etwa ein Viertel unserer Mitarbeitenden Postdoktorierende, Doktorierende oder Lernende. Insgesamt beschäftigt das PSI 2100 Mitarbeitende, das damit das grösste Forschungsinstitut der Schweiz ist.

Das Jahresbudget beträgt rund CHF 400 Mio. Das PSI ist Teil des ETH-Bereichs, dem auch die ETH Zürich und die ETH Lausanne angehören sowie die Forschungsinstitute Eawag, Empa und WSL.

wissenschaftliche Ansprechpartner:

Dr. Thorsten Schmitt

Leiter der Forschungsgruppe Spektroskopie neuartiger Materialien

Paul Scherrer Institut, Forschungsstrasse 111, 5232 Villigen PSI, Schweiz

Telefon: +41 56 310 37 62, E-Mail: [thorsten.schmitt@psi.ch](mailto:thorsten.schmitt@psi.ch) [Deutsch, Englisch]

Originalpublikation:

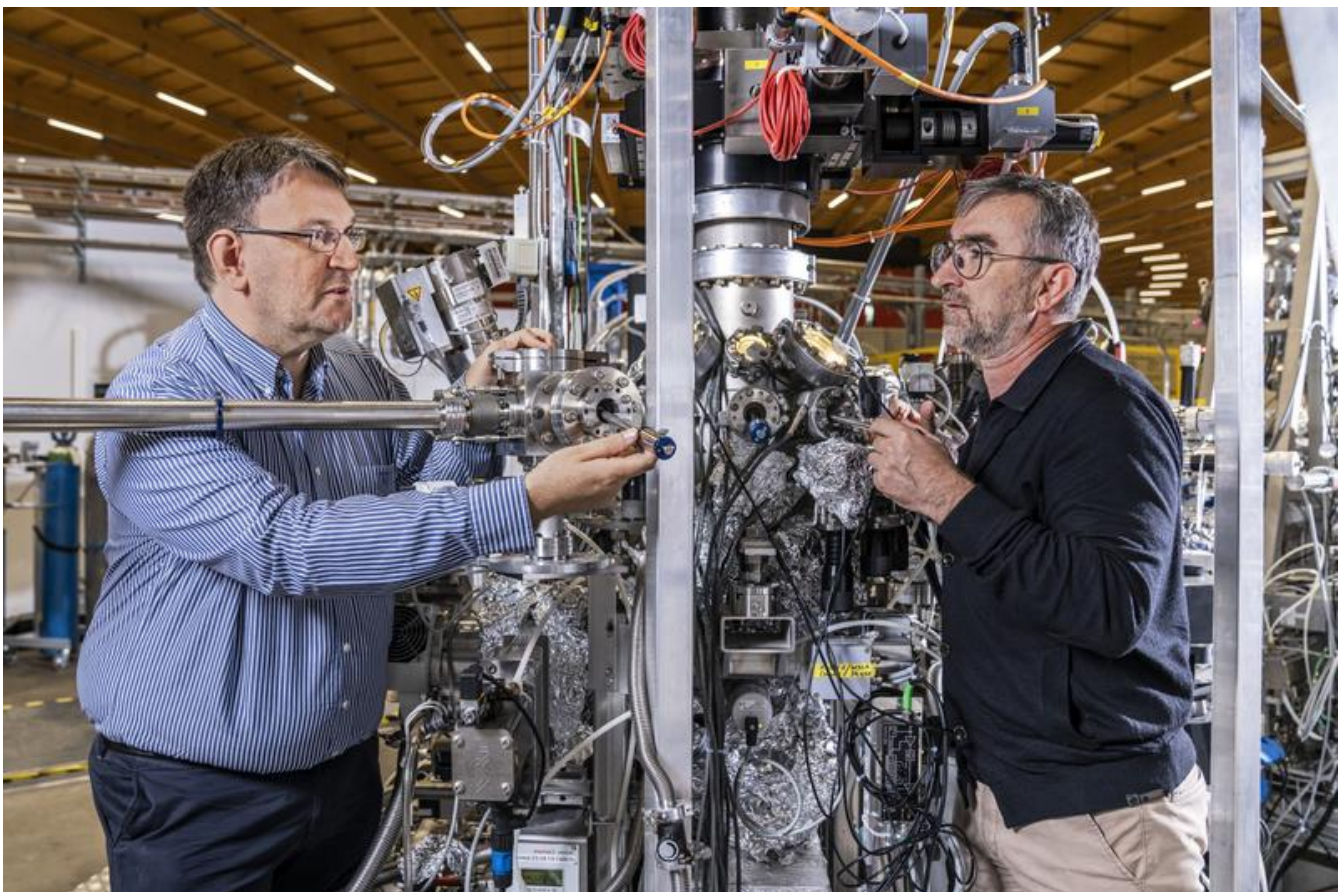
Strain-engineering of the charge and spin-orbital interactions in  $\text{Sr}_2\text{IrO}_4$

E. Paris, Y. Tseng, E.M. Pärshcke, W. Zhang, M.H. Upton, A. Efimenko, K. Rolfs, D.E. McNally, L. Maurel, M. Naamneh, M. Caputo, V.N. Strocov, Z. Wang, D. Casa, C.W. Schneider, E. Pomjakushina, K. Wohlfeld, M. Radovic, T. Schmitt

Proceedings of the National Academy of Sciences 21. September 2020 (online)

DOI: <https://dx.doi.org/10.1073/pnas.2012043117>

URL zur Pressemitteilung: <http://psi.ch/de/node/39340> – Darstellung der Mitteilung auf der Webseite des PSI und Bildmaterial



Thorsten Schmitt (links) und Milan Radovic an ihrer Experimentierstation an der Synchrotron Lichtquelle Schweiz SLS. Hier haben sie ihre Messungen an dünnen Filmen aus Strontium-Iridium-Oxid durchgeführt.  
Markus Fischer

