

Magnetisch oder supraleitend

Argovia-Professor Martino Poggio nutzt spezielle Cantilever zur Untersuchung ganz unterschiedlicher Materialien

Dem Team von Argovia-Professor Dr. Martino Poggio ist es kürzlich erstmals gelungen, die magnetischen Eigenschaften von winzigen magnetischen Kristallen zu untersuchen, die sich aus magnetischen Nanopartikeln aufbauen. Die Erfassung dieser winzigen magnetischen Kräfte mittels der Cantilever-Magnetometrie eröffnet das Feld für zahlreiche Anwendungen. Ganz besondere Cantilever kommen zum Einsatz bei einem Projekt des EU Horizon 2020 Programms, das Martino Poggio in den nächsten vier Jahren leiten wird. Ein internationales Team plant mittels fokussierter Ionenstrahl-Technologie Sensoren direkt an der Spitze der Cantilever herzustellen, mit denen auch supraleitende Materialien untersucht werden können.

Materialien mit neuen Eigenschaften

In der Natur existiert eine Vielzahl an Materialien mit besonderen Eigenschaften. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler weltweit sind dabei, diese Diversität im Labor noch zu vergrössern. Sie stellen neue Werkstoffe her, die mit optischen, elektrischen oder magnetischen Eigenschaften ausgestattet sind, die in der Natur nicht vorkommen.

So lassen sich beispielsweise aus Nanopartikeln, die sich wie von Geisterhand selbst anordnen, übergeordnete kristalline Strukturen herstellen. Verwenden Forschende dabei magnetische Nanopartikel, bauen sich aus diesen unter den richtigen Bedingungen magnetische Mesokristalle auf, die eine Grösse von bis zu einigen Mikrometern erreichen können. Die Untersuchung ihrer magnetischen Eigenschaften war bisher jedoch nicht möglich, da das magnetische Gesamtmoment dieser Mesokristalle sehr klein ist und sie sich nicht geordnet, sondern zufällig auf einer Oberfläche anordnen.

Cantilever machen es möglich

In einer Zusammenarbeit mit Forschenden aus Deutschland, Belgien und Schweden ist es dem Team von Argovia-Professor Dr. Martino Poggio nun jedoch gelungen, die magnetischen Eigenschaften von magnetischen Mesokristallen genau zu bestimmen. In einer kürzlich im Wissenschaftsjournal «Physical Review B» veröffentlichten Arbeit beschreibt das Poggio-Team den Einsatz der hochempfindlichen, dynamischen Cantilever-Magnetometrie für die Analyse der magnetischen Kräfte in Mesokristallen.

Der Postdoktorand Dr. Boris Gross und der Doktorand Simon Philipp aus der Poggio-Gruppe haben dazu einzelne Mesokristalle aus Maghemit ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$) auf einem Cantilever platziert, diesen einem magnetischen Feld ausgesetzt und das magnetische Verhalten der Kristalle untersucht. Simon Philipp konnte das Verfahren so optimieren, dass sich ein-

zelne Maghemit-Mesokristalle von der Oberfläche – auf der sie nach der Selbstorganisation zufällig verteilt sind – in unterschiedlichen Orientierungen auswählen und untersuchen lassen. Dabei konnten die Wissenschaftler nicht nur den Magnetismus der übergeordneten Kristallstruktur untersuchen, sondern auch den der winzigen Nanopartikel.

Magnetisierung mit Vorzugsrichtung

Die Messungen zeigten, dass die Magnetisierung der Mesokristalle eine kubische Vorzugsrichtung aufweist. Fachleute sprechen dabei von einer Anisotropie. Sie hängt von der Form des Mesokristalls ab und resultiert daraus, dass bereits die einzelnen Nanopartikel winzige kubische Kristalle sind und sich in dem übergeordneten Gitter ausrichten.

Die Möglichkeit den Magnetismus von Mesokristallen zu untersuchen, eröffnet ein breites Feld von möglichen Anwendungen. «In der Biologie beispielsweise wird diskutiert, dass magnetische Mesokristalle als Transporter für eine Fracht eingesetzt werden könnten, die mithilfe von Magneten zielgerichtet gesteuert werden», kommentiert Martino Poggio. «Bevor für solche Anwendungen magnetische Eigenschaften von Mesokristallen eingestellt und verändert werden können, ist eine präzise Methode zur Analyse des Magnetismus erforderlich.»

Leitung eines FET OPEN-Projekts

Ein weiteres Highlight im Jahr 2020 für Martino Poggio war die Bewilligung eines Projekts im Rahmen des Europäischen Horizon 2020 Programms. Zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern von IBM Zürich, der Universität Tübingen und der Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) in Saragossa wird das Poggio-Team in den nächsten vier Jahren eine neue Methode

entwickeln, um besonders empfindliche und präzise Sonden für die Rastersondenmikroskopie herzustellen, die auch für die Untersuchung von supraleitenden Materialien geeignet sind.

Im Rahmen der FET OPEN-Förderung, die europäische Kooperationen bei der Entwicklung radikal neuer Technologien unterstützt, erhalten die Forschenden knapp drei Millionen Euro für die Herstellung der neuartigen Sensoren.

Im Oktober 2020 startete das interdisziplinäre Team das Projekt, das auf den Einsatz der fokussierten Ionenstrahl-Technologie (focused ion beam = FIB) basiert. Mittels dieser Technik, die den Forschenden im Nano Imaging Lab des SNI zur Verfügung steht, werden die Wissenschaftler aus dem Poggio-Team winzige, hochsensitive Sensoren direkt an der Spitze von Cantilevern herstellen, die auch supraleitende Proben mit einem bislang ungeahnten Kontrast auf der Nanometerskala abbilden können. Die Sonden werden Nanometer grosse Josephson-Kontakte (JJs) und supraleitende Quanteninterferenzgeräte (SQUIDs) beinhalten und zur Abbildung von Magnetfeldern und deren Anfälligkeit dienen sowie die Messung elektrischer Ströme und deren Verluste ermöglichen.

Produktiver Start

In den ersten Monaten arbeitete das Team vor allem am Design der neuen Cantilever, mit deren Fabrikation die Spezialisten bei IBM bereits begonnen haben. Die Gruppe von Martino Poggio begann zudem in Basel, aus kommerziell erhält-

lichen Cantilevern einen ersten Prototypen herzustellen. Dazu schnitten die Forscher mithilfe des FIB die Cantilever zurecht und beschichteten sie mit dem supraleitenden Material Niobium.

Neue Ära in der Rastersondenmikroskopie

Später werden die Cantilever dann je nach Einsatzgebiet speziell hergestellt und mit den entsprechenden Sonden an der Spitze ausgestattet. Der Fokus der Anwendung liegt zunächst auf der Untersuchung von magnetischen Feldern in zweidimensionalen van der Waals Materialien. Die Forschenden sind vor allem daran interessiert, den Transport von Ladungen darzustellen sowie Randzustände und korrelierte elektronische Zustände abzubilden.

Die Untersuchungen können bei vergleichsweise hohen Temperaturen von bis zu 80 Kelvin (-193°C) durchgeführt werden und erreichen eine räumliche Auflösung von bis zu zehn Nanometern.

«Wir möchten mit dem Projekt eine neue Ära in der bereits sehr erfolgreichen Rastersondenmikroskopie einläuten. Wenig verstandene Phänomene in der Physik, der Chemie und den Materialwissenschaften, die sich mit heutigen Technologien nicht untersuchen lassen, werden wir damit angehen können», kommentiert Martino Poggio.

Weitere Information über dieses und andere Projekte aus dem Poggio-Lab: <https://poggiolab.unibas.ch>



Argovia-Professor Martino Poggio leitet in den nächsten Jahren ein Projekt des EU Horizon Programms. Im Rahmen des Projekts werden mithilfe der fokussierten Ionenstrahl-Technologie Sensoren direkt an der Spitze eines Cantilever hergestellt, mit denen auch supraleitende Materialien untersucht werden können.