Zeitschrift: Horizonte : Schweizer Forschungsmagazin

Herausgeber: Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung

Band: - (2002)

Heft: 54

Artikel: Dünn aber dicht

Autor: Daetwyler, Jean-Jacques

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-552102

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Dünn aber dicht

In der Nanotechnologie gilt: Je kleiner, desto besser. Doch es gibt Grenzen, beispielsweise bei Isolationen für elektronische Schaltkreise. Nun haben Lausanner Physiker die dünnste noch funktionsfähige Schicht eines Isolationsmaterials bestimmt – ein Kunststück ausgetüftelter Messtechnik.

VON JEAN-JACQUES DAETWYLER
FOTOS BRIGITTE LUSTENBERGER

«Reden wir nicht zu laut!», warnt Wolf-Dieter Schneider beim Eintritt ins Laboratorium. Doch schon haben die Kurven auf dem Bildschirm des Oszilloskops ausgeschlagen. Sie geben Auskunft über den Vorgang in der nebenstehenden Apparatur: die Untersuchung extrem dünner Oxidschichten. Geringste Störungen aus der Umgebung können die Messungen beeinflussen.

Wolf-Dieter Schneider, Professor am Institut für Festkörperphysik der Uni Lausanne, ist eben aus San Sebastian im spanischen Baskenland zurückgekommen. Dort hat er an einem Kongress über Resultate berichtet, die vor einigen Monaten in «Physical Review Letters», der führenden internationalen Fachzeitschrift für Physik, veröffentlicht worden sind. Im Zentrum der Arbeit steht die Frage: Wie dünn darf ein isolierender Stoff sein, damit er noch isoliert?

Drei Molekülschichten

Schneiders Team hat die Frage am Beispiel des Magnesiumoxids untersucht. Diese wurde sogar zum Thema der Doktorarbeit einer Mitarbeiterin, Silvia Schintke. Nach zweijähriger Arbeit war die Antwort klar: Drei Schichten von Molekülen genügen, damit das betrachtete Oxid die spezifische Kristallstruktur erhält, die aus ihm einen Isolierstoff macht.

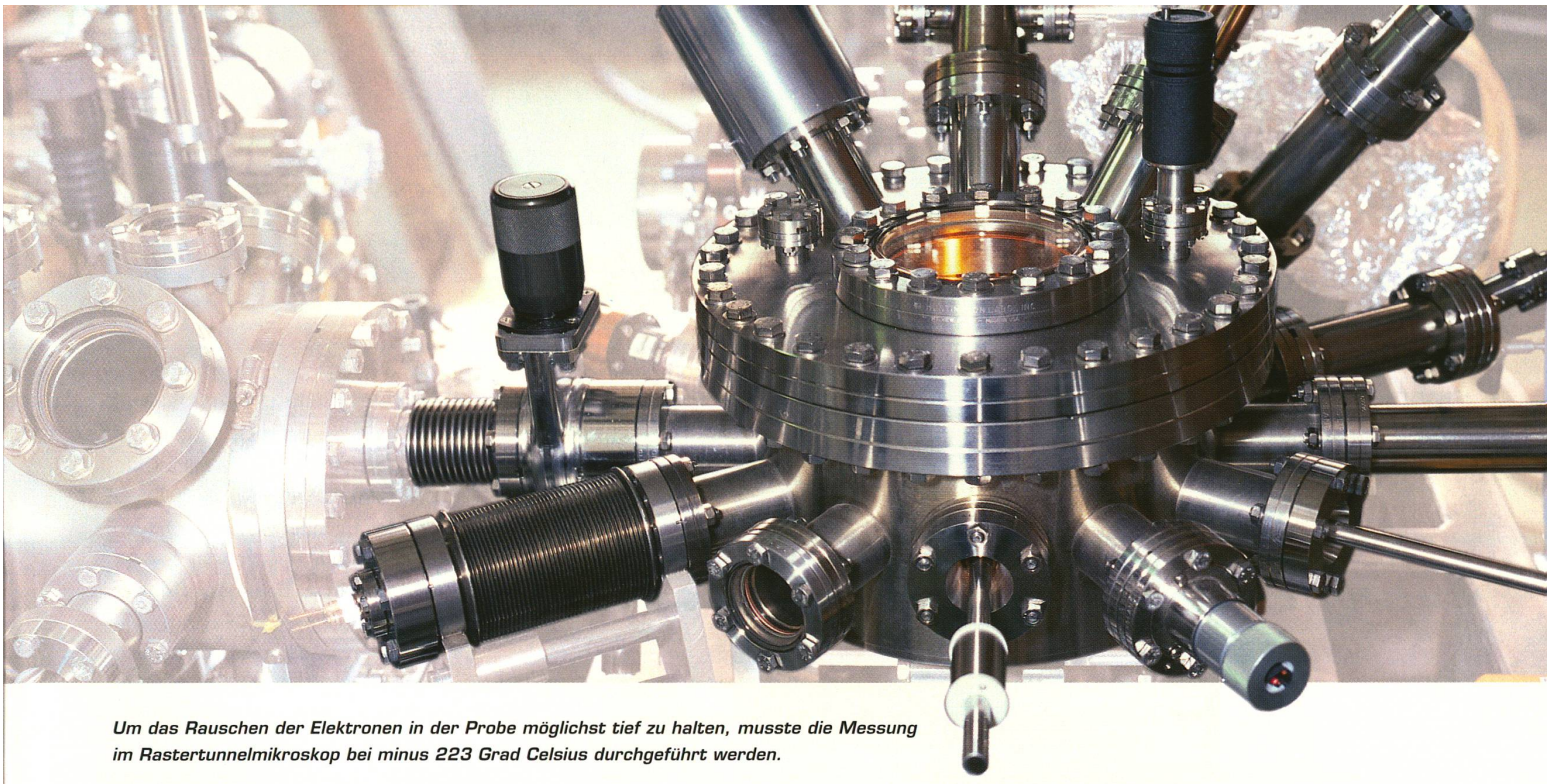
Für die Untersuchung der Dünnschichten verwendet das Lausanner Forschungsteam ein Rastertunnelmikroskop (RTM, siehe Kasten). Damit lassen sich einzelne Atome und Moleküle wahrnehmen, Punkt für Punkt die Leitfähigkeit der Dünnschichten messen sowie deren Oberfläche mit sehr hoher Auflösung plastisch abbilden.

Ist die Anwendung des RTM an Metalldünnschichten zur Routine geworden, so bestehen bei Dünnschichten aus isolierenden Stoffen wie dem betrachteten Magnesiumoxid noch erhebliche Schwierigkeiten. Zwar bilden Isolationsmaterialien keine total undurchlässige Sperre für elektrische Ströme, sondern vielmehr ein sehr schlecht leitendes Medium. Doch die Ströme, die die feine Spitze des RTM beim Abtasten der Dünnschichtoberfläche sammelt, sind bei isolierenden Stoffen rund tausend Mal schwächer als bei Metallen. Sie bewegen sich in der Grössenordnung eines Picoamperes eines Tausendstels eines Milliardstel Ampere! Ohne spezielle Massnahmen werden diese extrem schwachen Messsignale von Störeffekten verzerrt oder überdeckt.

Kühlen und Dämpfen

Bei seiner Untersuchung von Dünnschichten aus Magnesiumoxid hat das Lausanner Team also weitgehend Neuland betreten. Es musste dazu eine spezielle Apparatur bauen, bei der das RTM mit einem Kryostat kombiniert ist, einem Kühlaggregat, das mit Hilfe von flüssigem Stickstoff oder Helium den Messbereich auf eine extrem tiefe Temperatur hält. «Wir haben unsere Messungen bei minus 223 Grad Celsius durchgeführt, um das Rauschen der Elektronen in der Probe möglichst schwach zu halten», erklärt Wolf-Dieter Schneider.

Aber auch Erschütterungen aus der Umgebung können die Messungen verzerren, indem sie den Abstand zwischen Probe und Spitze des RTM verändern, was auch das von der Spitze registrierte Signal beeinflusst (siehe



Um das Rauschen der Elektronen in der Probe möglichst tief zu halten, musste die Messung im Rastertunnelmikroskop bei minus 223 Grad Celsius durchgeführt werden.

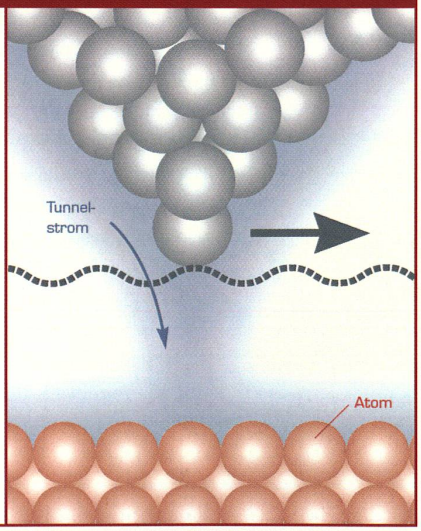
Kasten). Wolf-Dieter Schneider: «Das RTM und die Probe hängen an einem Falterbalg, der auf Golfbällen ruht, und die ganze Einrichtung sitzt auf Luftkissen. Ferner kann über die ganze Apparatur ein schallgedämpfter Käfig gestülpt werden. So wird der Messvorgang sowohl vor Erschütterungen des Bodens wie vor störenden Schallwellen aus der Umgebung geschützt, und die Oberflächenstruktur der Probe lässt sich mit einer Genauigkeit von 2 Tausendstel Ångström messen. Dies ist etwa ein Tausendstel eines Atomdurchmessers!»

Nicht von ungefähr wurden also die Ergebnisse des Lausanner Forschungsteams beim Kongress in San Sebastian von den Fachkollegen aus aller Welt sehr beachtet. Aber dies nicht nur wegen der messtechnischen Leistung. Metalloxide als isolierende Stoffe spielen eine wichtige Rolle in der Mikro- und Nanoelektronik. In Schaltkreisen kommen sowohl leitende und halbleitende wie auch isolierende Bestandteile vor. Im Trend der Miniaturisierung werden die immer kleineren Bauelemente der Schaltkreise so klein, dass je länger, je mehr die Eigenschaften der einzelnen Moleküle statt jene des Kristallgefüges in den Vordergrund treten.

So stellt sich die Frage, ob eine isolierende Dünnschicht immer noch das erwartete Verhalten als Isolierwerkstoff behält, auch wenn sie nur aus wenigen Molekülschichten besteht. «Wir treiben hier Grundlagenforschung und haben dabei keine Anwendung ins Auge gefasst», betont Wolf- Dieter Schneider. Im Hinblick auf zukünftige technologische Entwicklungen ist es aber einleuchtend, wie wichtig geeignete Mess- und Experimentierverfahren werden, um solche Fragen anzugehen. ■

DAS RASTERTUNNEL-MIKROSKOP

Mittels Strom Atome abtasten

Das RTM untersucht eine Probe, indem es eine extrem feine Metallnadel zeilenweise systematisch ganz nahe über deren Oberfläche führt. Der elektrische Strom, der auf Grund eines quantenphysikalischen Effekts zwischen Nadel und Probe fliesst (der so genannte Tunnelstrom), nimmt mit zunehmendem Zwischenabstand ab. Die Stromschwankungen im Laufe des Abrasterns geben die Entfernung der Probenoberfläche zur fix gehaltenen Nadelspitze. So kann die «Topographie» dieser Oberfläche abgebildet werden. Die Nadel ist fein genug – im Idealfall besteht ihre Spitze aus einem einzigen Atom –, um einzelne Moleküle und Atome der Oberfläche zu registrieren. Umgekehrt kann man die Spitze auf und ab bewegen, so dass der Tunnelstrom, und folglich der Zwischenabstand, konstant bleiben. In diesem Fall widerspiegelt die Auf- und Abbewegung der Spitze die Erhöhungen und Vertiefungen der Oberfläche.

Das erste RTM wurde 1982 am IBM-Forschungslabor in Rüschlikon gebaut. Seine Erfinder Gerd Binnig und Heinrich Rohrer haben 1986 den Nobelpreis für Physik erhalten. Inzwischen ist das RTM ein in der ganzen Welt vielseitig verwendetes Instrument geworden.