Zeitschrift: Horizons : le magazine suisse de la recherche scientifique
Herausgeber: Fonds National Suisse de la Recherche Scientifique
Band: - (2002)
Heft: 54

Artikel: Isolants d'une minceur extrême
Autor: Daetwyler, Jean-Jacques
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-553997

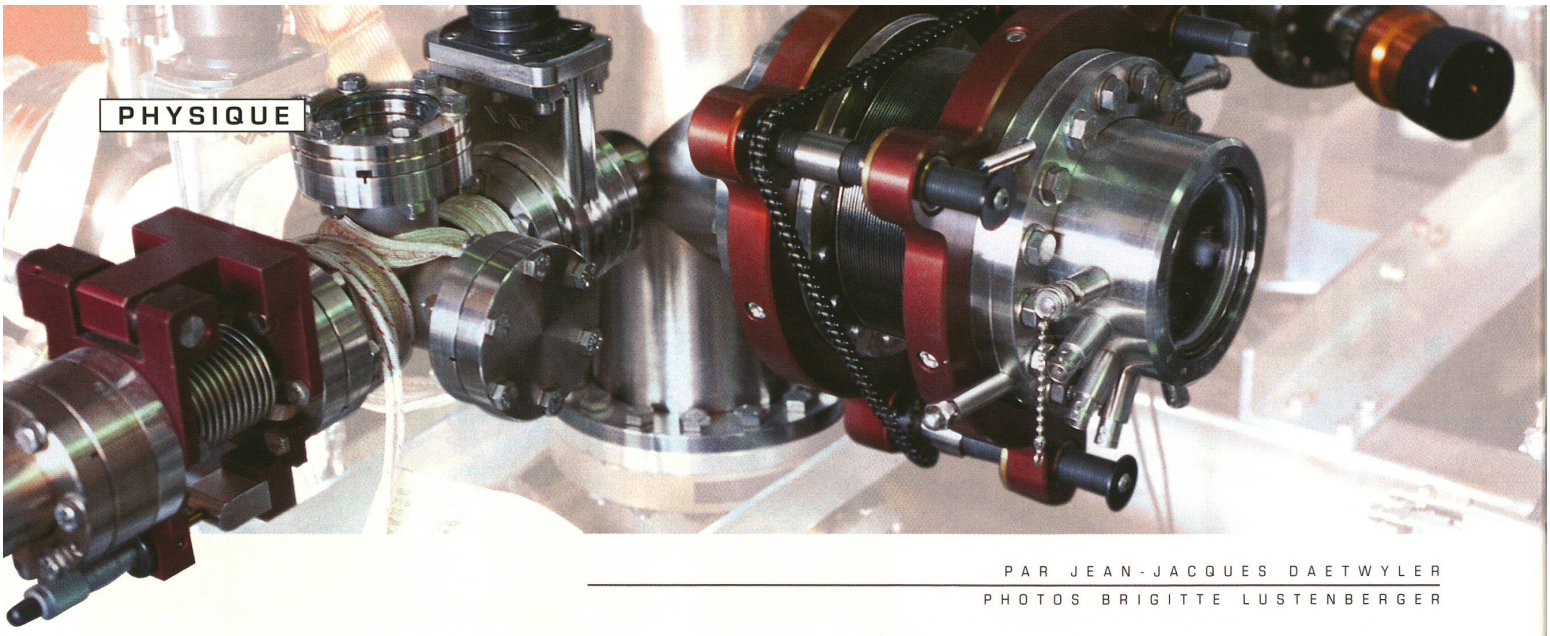
Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. 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: 11.07.2025

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



PAR JEAN-JACQUES DAETWYLER
PHOTOS BRIGITTE LUSTENBERGER

Isolants d'une minceur extrême

En nanotechnologie, plus c'est petit, mieux c'est. Mais il y a des limites, notamment pour les parties isolantes des circuits électroniques. Des physiciens lausannois ont déterminé l'épaisseur minimale que doit avoir une couche isolante pour remplir sa fonction. Un exploit qui a fait appel à des techniques de mesure sophistiquées.

«Ne parlons pas trop fort!», avertit Wolf-Dieter Schneider en entrant dans le laboratoire. Mais les courbes sur l'écran de l'oscilloscope ont déjà vacillé. Elles renseignent sur le processus en cours dans une installation attenante: l'examen de couches d'oxydes ultra-minces. Les moindres perturbations peuvent influer sur les mesures.

Wolf-Dieter Schneider, professeur à l'Institut de physique de la matière condensée, à l'Université de Lausanne, revient justement de Saint-Sébastien, au Pays basque espagnol. Il a participé à un congrès où il a présenté des résultats publiés il y a quelques mois dans *Physical Review Letters*, la revue internationale qui fait autorité en physique. Question au centre de ce travail: jusqu'où peut-on réduire l'épaisseur d'un isolant sans qu'il cesse d'isoler?

Le groupe de Wolf-Dieter Schneider a étudié cette question en utilisant de l'oxyde de magnésium. Celle-ci a même fait l'objet de la thèse d'une collaboratrice, Silvia Schintke. Après deux ans de travail, la réponse était là: il suffit de trois couches de molécules pour que l'oxyde en question possède la structure cristalline spécifique qui fait de lui un isolant.

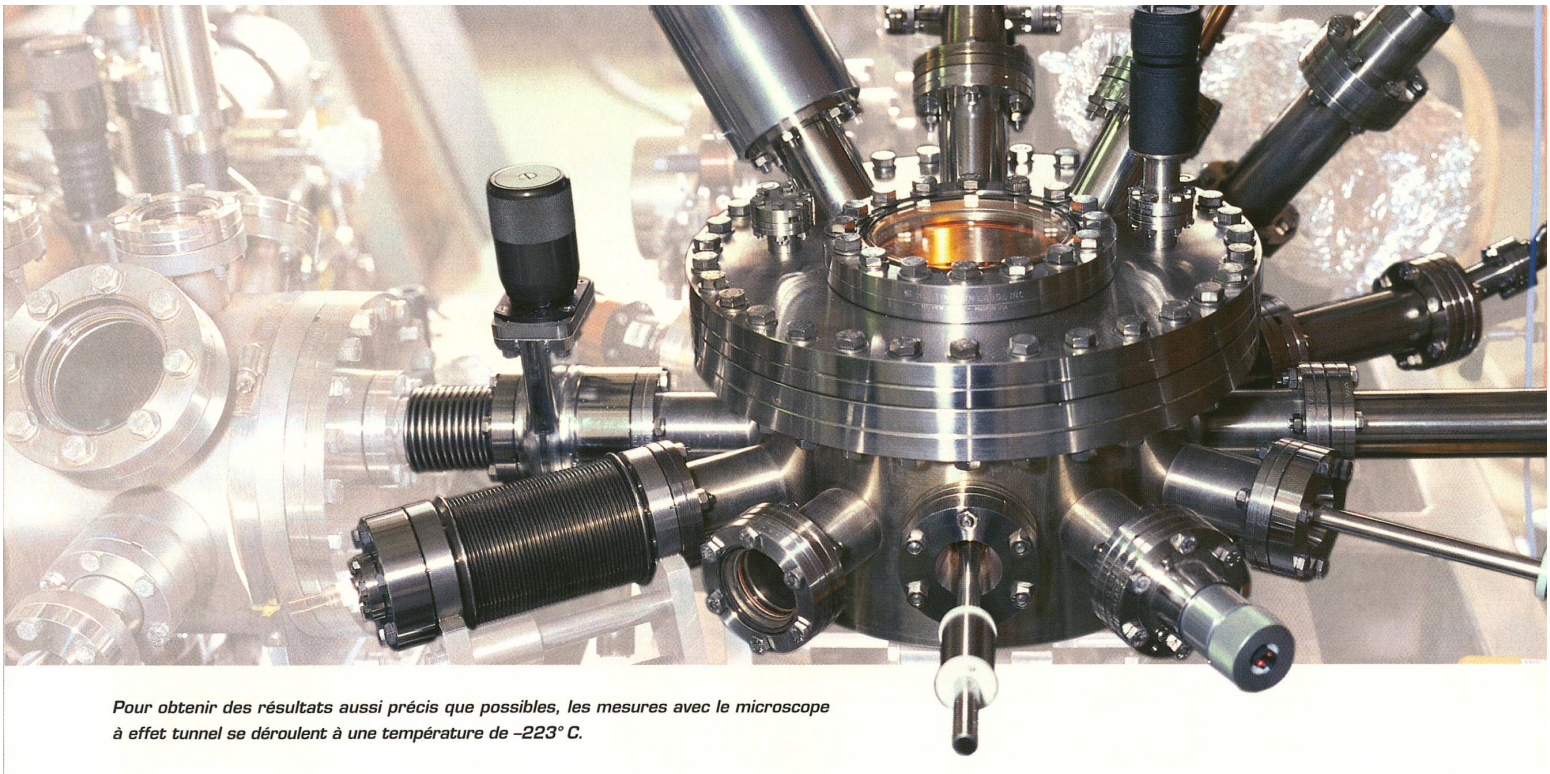
Pour l'étude de ces couches minces, l'équipe lausannoise utilise un microscope à effet tunnel (MET, voir encadré). Cet instrument permet de distinguer des atomes et molécules isolés, de mesurer point par point la conductivité des couches minces et d'obtenir une image à très haute résolution, rendant les détails du relief de la surface examinée.

Signaux faibles

Si l'étude de couches minces métalliques au moyen du MET est devenue simple routine, celle de couches minces en matériaux isolants, tels que l'oxyde de magnésium, pose encore des difficultés considérables. Certes, les matériaux isolants ne constituent pas une barrière totalement étanche pour les courants électriques; ce sont plutôt des milieux très mauvais conducteurs. Toutefois, les courants que la fine aiguille du MET récolte en explorant la surface d'une couche mince isolante sont en gros mille fois plus faibles que dans le cas des métaux. Ils sont de l'ordre du picoampère, c'est-à-dire du millième de milliardième d'ampère! Sans précautions particulières, ces signaux extrêmement faibles sont déformés ou couverts par des effets parasites.

En étudiant des couches minces d'oxyde de magnésium, le groupe lausannois investit donc un domaine encore largement inconnu. Il lui a fallu construire pour cela un dispositif spécial, qui combine le MET avec un cryostat. Cet instrument maintient la zone de mesure à une température extrêmement basse à l'aide d'azote ou d'hélium liquide. «Nous avons effectué nos mesures à –223° C , pour atténuer le plus possible le bruit de fond des électrons de l'échantillon examiné», explique Wolf-Dieter Schneider.

Mais des vibrations venant de l'extérieur peuvent aussi fausser les mesures en modifiant la distance entre l'échantillon et la pointe du MET, ce qui influe également sur le signal enregistré (voir encadré). «Le MET et l'échantillon sont suspendus à un soufflet qui repose lui-même sur des balles de golf, précise le professeur. Et toute l'installation est placée sur des coussins d'air. En outre, un cage insono-



Pour obtenir des résultats aussi précis que possibles, les mesures avec le microscope à effet tunnel se déroulent à une température de –223° C.

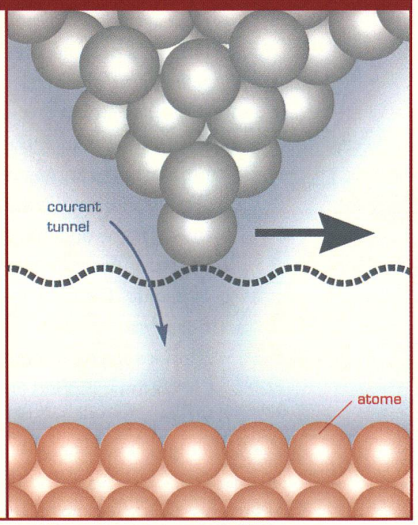
risée peut être amenée sur le dispositif. Le processus de mesure est protégé ainsi aussi bien des vibrations du sol que de perturbations sonores venant des environs. Ce qui permet de mesurer la structure de surface de l'échantillon avec une précision de 2 millièmes d'Angström, ce qui représente environ un millième du diamètre d'un atome!»

Résultats très remarqués

Ce n'est donc pas sans raison que les résultats de Lausanne ont été très remarqués par les spécialistes venus du monde entier au congrès de Saint-Sébastien. Cela, à vrai dire, pas seulement pour la performance technique. Des oxydes métalliques jouent un rôle important comme isolants en micro- et nano-électronique. Les circuits électroniques comprennent aussi bien des parties conductrices et semi-conductrices que des composantes isolantes. Les circuits évoluant dans le sens d'une miniaturisation toujours plus poussée, leurs éléments constitutifs deviennent si petits que les propriétés des molécules individuelles tendent toujours plus à dominer celles du réseau cristallin des matériaux utilisés.

La question se pose par exemple de savoir si une couche mince isolante continue de se comporter comme isolant lorsqu'elle ne comprend plus que quelques couches de molécules. «Nous faisons ici de la recherche fondamentale, sans envisager d'applications», souligne Wolf-Dieter Schneider. Néanmoins, il est parfaitement clair que l'élaboration de procédés de mesure et d'expérimentation, permettant d'aborder ce genre de question, revêt une grande importance pratique en prévision des développements technologiques futurs. ■

LE MICROSCOPE À EFFET TUNNEL

Détecter la position des atomes

L'élément clé du MET est une aiguille métallique extrêmement fine, dont la pointe «survole» à très faible distance la surface de l'échantillon examiné, ligne par ligne, systématiquement. Le courant électrique, produit par un effet quantique, qui s'écoule entre l'aiguille et l'échantillon (courant tunnel), diminue quand la distance entre les deux augmente. Les variations du courant pendant l'exploration renseignent sur l'éloignement de la surface de l'échantillon par rapport à la pointe de l'aiguille maintenue fixe. On obtient ainsi une image de la «topographie» de cette surface. L'aiguille est assez fine – dans l'idéal, sa pointe est constituée d'un seul atome – pour distinguer chacun des atomes ou molécules de la surface de l'échantillon. Au lieu d'être maintenue fixe, l'aiguille peut aussi être soulevée et abaissée de manière à maintenir constant le courant tunnel, et donc aussi la distance à l'échantillon. Dans ce cas, ce sont les déplacements de la pointe qui reflètent les éminences et dépressions de la surface (voir figure ci-contre). Le premier MET fut construit en 1982 à l'Institut de recherche IBM de Rüschlikon, près de Zurich. Ses inventeurs – Gerd Binnig et Heinrich Rohrer – ont obtenu le Prix Nobel de physique en 1996. Aujourd'hui, le MET est un instrument scientifique largement utilisé dans le monde entier.