Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 126 (2000)
Heft: 21

Sonstiges

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: 08.07.2025

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

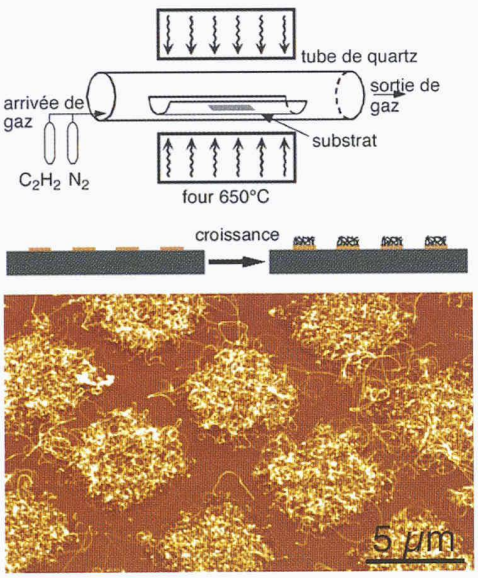
Fig. 1 : La formation d'un nanotube, à partir d'une feuille de graphène

Fig. 2 : Un nanotube est habituellement fermé par une demi-sphère de carbone, où des pentagones viennent s'ajouter aux hexagones du corps du tube. En bas, une telle pointe vue par microscopie à transmission, en haut, un modèle (Photo IPE-EPFL.)

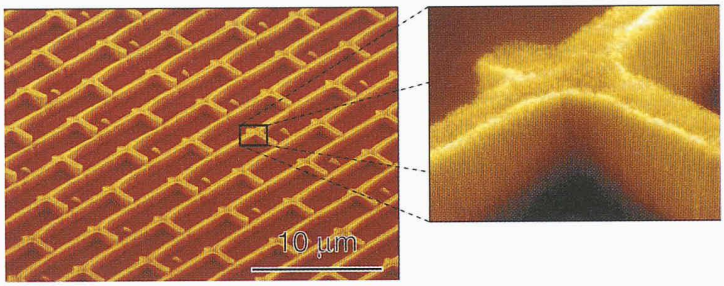
Fig. 3 : La décomposition catalytique d'hydrocarbone se fait dans un four, en présence d'un catalyseur métallique. Il est ainsi possible de faire croître des plots de nanotubes sur des emplacements spécifiques de façon contrôlée (Photo IPE-EPFL.)

Fig. 4 : Murs de nanotubes de carbone synthétisés par voie catalytique sur un substrat de silicium (Photo IPE-EPFL)

3



4



l'intérêt des industriels s'est depuis peu manifesté. Les possibilités sont à priori nombreuses: les propriétés électroniques des nanotubes en font un composant idéal pour l'électronique moléculaire; leurs caractéristiques mécaniques sont aussi excellentes et pourraient permettre la réalisation de composites légers mais rigides; enfin, ils sont pressentis comme source froide d'électrons (de par leur forme géométrique, ils sont en effet l'un des meilleurs émetteurs de champ actuellement disponibles et des entreprises comme *Samsung* ou *Motorola* ont lancé leurs chercheurs à la quête d'écrans plats incorporant des nanotubes de carbone).

Les défis sont encore nombreux, comme celui de faire pousser un seul nanotube à un endroit précis, voire d'en choisir à l'avance le type et la dimension. L'enthousiasme actuel manifesté autant par les chercheurs que par les industriels laisse augurer de progrès spectaculaires, tant au niveau de l'étude de ce système modèle que de son potentiel d'application.

Références :
Jean-Marc Bonard, Hannes Kind, Thomas Stöckli, Lars-Ola Nilsson: « Field Emission from carbone nanotubes : the first five years », *Solid State Electronics*, (sous presse, 2000)
<http://ipewww.epfl.ch/nanotubes.htm>

L'EPFL À LA POINTE DES NANOTECHNOLOGIES

Une équipe de physiciens de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) est parvenue, en collaboration avec des chercheurs allemands et américains, à vérifier le comportement des électrons dans un conducteur extrêmement fin. Publiés dans *Science*, ces résultats contribuent à la compréhension des nanoconducteurs. La miniaturisation et les nanotechnologies sont les moteurs de la prochaine révolution industrielle. Après les circuits intégrés et les puces aujourd'hui omniprésents, les objets de demain intégreront des composants électroniques et mécaniques à l'échelle de l'atome (nanotechnologies). Ce saut technologique, qui consiste à passer du micron (millième de millimètre) au nanomètre (millionième de millimètre), revient concrètement à couper un cheveu en 10 000. La compréhension du comportement des électrons dans des conducteurs extrêmement fins est l'une des clés de la réalisation de ces composants. À l'échelle du nanomètre, de nouveaux phénomènes apparaissent, notamment lorsque les pistes métalliques utilisées pour connecter les transistors d'un circuit intégré se rapprochent de la limite d'une seule ligne d'atomes. Les chercheurs se heurtent à d'importantes difficultés lorsqu'ils tentent d'observer le comportement réel des électrons afin de valider les modèles théoriques qu'ils ont élaborés.

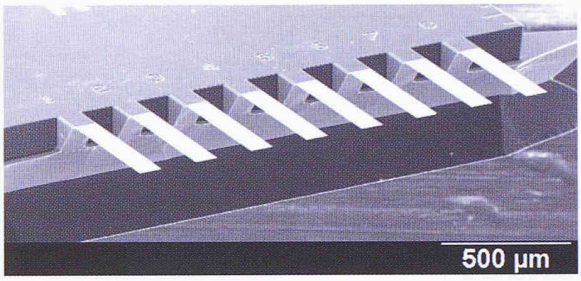
Pour lever ces difficultés, l'équipe de l'EPFL a eu recours à la spectroscopie des photoélectrons. Cette technique a permis de mettre en évidence les étonnantes propriétés des électrons confinés. La structure cristalline particulière du métal utilisé confine le mouvement des électrons à une seule dimension de l'espace. En exploitant une modulation de l'arrangement périodique des atomes et la très haute résolution de leurs instruments, les chercheurs ont observé l'apparition et la coexistence de deux types de symétrie dans la distribution de la charge électronique. Ces résultats, et leur interprétation théorique, jettent les bases d'une meilleure compréhension des électrons confinés. Les travaux de Johannes Voit (Theoretische Physik, Universität Bayreuth), Luca Perfetti, Fabian Zwick, Helmuth Berger, Giorgio Margaritondo, Marco Grioni (Institut de physique appliquée, EPFL), George Grüner (Department of Physics, University of California, Los Angeles), et Hartmut Höchst (Synchrotron Radiation Center, University of Wisconsin-Madison) ont été publiés vendredi 20 octobre dans la revue américaine *Science* sous le titre «Electronic Structure of Solids with Competing Periodic Potential».

Service Presse et information de l'EPFL

Informations complémentaires: Prof. Giorgio Margaritondo, tél. 021 / 693 33 02, e-mail <giorgio.margaritondo@epfl.ch>

Fig. 1: Les leviers du dispositif NOSE
(Image obtenue par microscopie électronique à balayage, IBM)

1



UN MICROSCOPE QUI A DU FLAIR

Les impulsions données par les recherches en nanotechnologies[1] ont favorisé la mise au point d'appareillages miniaturisés, d'utilisation simple et peu coûteuse. La juxtaposition de techniques distinctes et leur utilisation dans des applications inusitées est une source féconde d'inventivité. Le projet NOSE (Nanomechanical Olfactory Sensors), issu du programme MINAST, avait pour objet le développement d'un capteur chimique polyvalent, construit sur le principe du microscope à force atomique.

Du visuel à l'olfactif

Qu'une organisation privée assure la direction d'une recherche constitue un fait unique dans le cadre du programme MINAST[2] ; tel est pourtant le cas du projet NOSE où une entreprise, les laboratoires *IBM* à Zurich, était chef de projet. Les laboratoires de Rüschlikon, il est vrai, peuvent se targuer d'une longue et brillante tradition dans le développement d'appareils destinés à sonder le monde quantique. Deux chercheurs d'*IBM*, Heinrich Rorher et Gerd Binning, ont d'ailleurs reçu le prix Nobel de physique en 1986 pour la mise au point du microscope à effet tunnel, le premier microscope à dévoiler en trois dimensions les molécules et atomes d'une surface. Cette méthode d'observation se base sur les forces électroniques détectables dans des matériaux conducteurs. D'autres recherches se sont poursuivies depuis, pour tenter de visualiser des matériaux non conducteurs en exploitant d'autres forces agissant entre les particules observées, telles les forces magnétiques. L'outil le plus récent, le microscope à force atomique (AFM), palpe les forces atomiques. A l'exemple de nos vieux tourne-disques dont la tête en diamant sonde les sillons gravés, une pointe en silicium fixée au bout d'un bras (cantilever) se promène au-dessus de l'échantillon à analyser et «sent» les variations de forces qui règnent à proximité des atomes. A la palette des outils existants manquait la dimension chimique, l'identification de molécules sous forme liquide ou gazeuse. Le «nez» nanométrique développé sur le principe du microscope à force atomique apporte ainsi une dimension supplémentaire aux possibilités offertes par les microscopes existants. A côté des laboratoires *IBM*, plusieurs partenaires ont contribué à ce projet: l'Institut de Physique de l'Université de Bâle, l'Institut Paul Scherrer, le Laboratoire de physique électronique de l'EPFZ et la société *Novartis services*.

[1] Voir l'article sur les enjeux des nanotechnologies, pp. 412 à 415
[2] Programme prioritaire « Technologies des micro- et des nanosystèmes »

Un système micro-mécanique pour mesurer des éléments chimiques

Les chercheurs souhaitaient obtenir une caractérisation quantitative et qualitative rapide de substances à l'état gazeux, telles les vapeurs de solvants. Leur capteur chimique s'inspire du principe de déflection de bras de levier (cantilevers) mis au point dans l'AFM. Pour assurer la grande sensibilité de l'appareillage, des arrangements de huit cantilevers standardisés à faible constante de ressort sont préparés. Par leur taille, ces lames en silicium évoquent plutôt de minuscules cils: 0,5 mm de long, 0,1 mm de large et 1 micron d'épaisseur; elles sont revêtues d'une protection de 30 nm d'or qui garantit leur stabilité chimique. Ensuite, d'un côté, un film homogène de polymères (de 5 micromètres d'épaisseur), et dont la composition diffère pour chaque cantilever, est appliqué par vaporisation. Ce revêtement transforme chaque levier en éponge prête à absorber les gaz diffusés. La tension à l'interface polymère-or provoque une déformation différente pour chaque levier. Le mouvement micromécanique généré (de l'ordre du nanomètre et même moins) est alors détecté par un procédé optique, un laser en l'occurrence. L'exposition au gaz dure dix secondes, le temps d'observation des réactions mécaniques de l'appareillage, deux minutes, compte tenu de phénomènes de désorption des gaz qui sont également pris en compte. A partir des déflections enregistrées pour chacun des huit cantilevers, la signature des gaz peut être repérée. Bien évidemment, le système d'analyse des principaux composants, basé sur des réseaux neuronaux, est puissant et fiable. Un étalonnage précis et automatisé est préalablement effectué. Le dispositif NOSE a été testé avec une série d'alcools primaires: l'identification qui en a résulté est non-ambiguë.

Une variante de ce dispositif a été mise au point par les partenaires zurichois du projet. A l'observation des mouvements micromécaniques, ils ont préféré l'application d'une contre-pression destinée à maintenir le cantilever dans sa position initiale, contre-pression qui est ensuite transformée en signal électrique (piézorésistance). Ce processus est adapté à l'analyse de gaz à l'état liquide et, dans le futur, des applications de ce procédé pour des analyses biologiques ouvrent des perspectives prometteuses[3].

Si cette méthode ne s'avère pas aussi précise que la chromatographie gazeuse, elle a cependant l'avantage d'être bien moins chère et plus rapide. Elle pourrait être utilisée pour le contrôle de nourriture ou de procédés. **FK**

[3] J. Fritz, M.K. Baller, H.P. Lang, H. Rothuizen, P. Vettiger, E. Meyer, H.-J. Guenthrodt, Ch. Gerber, and J.K. Gimzewski ; «Translating Biomolecular Recognition into Nanomechanics» ; *Sciences* 288, 316-318, (14 avril 2000)