



## IBM et Stanford poussent les limites des nanocomposites

Publié le vendredi 27 novembre 2015

Voir en ligne : <https://www.france-science.org/IBM-et-Stanford-poussent-les.html>

Avant l'ère annoncée des ordinateurs quantiques ou moléculaires, la course aux performances des microprocesseurs et des mémoires reste pour l'heure une affaire de miniaturisation toujours plus poussée. Les principes qui ont gouverné la microélectronique atteignent pourtant aujourd'hui des limites imposées à la fois par la physique elle-même et par certains des processus de fabrication. L'extraordinaire densité des circuits rend par exemple de plus en plus aigus les problèmes d'isolation, afin de limiter les risques d'interférences et de courants de fuite. L'une des techniques utilisées pour assurer une isolation électrique de qualité entre les interconnexions métalliques consiste à former des nanobulles d'air au sein de la couche isolante. Dans les nouvelles générations de circuits, la distance entre conducteurs adjacents est tellement faible que la densité induite de ces nanoalvéoles transforme le matériau isolant en un véritable gruyère. Se pose alors un double problème délicat pour cette partie du circuit, d'une part la sensibilité aux procédés de gravure (en raison de la grande surface spécifique exposée), d'autre part la moindre résistance mécanique (en raison de sa porosité extrême). C'est la raison pour laquelle des chercheurs du laboratoire IBM-Almaden avaient mis au point en 2011 une technique appelée « Post Porosity Plasma Protection » [1], fonctionnant sur un principe proche de celui de la crème solaire : napper l'isolant poreux d'une couche ultrafine d'un matériau protecteur, qui sera ensuite évaporé par chauffage à l'issue de la gravure au plasma du circuit intégré.

**IBM** C'est cette même équipe d'IBM-Almaden, dirigée par le Français Géraud Dubois, associée avec l'équipe du professeur Reinhold Dauskardt à Stanford, qui vient de publier dans Nature Materials [2] un résultat étonnant, dans la suite de ces travaux sur les isolants électriques au cœur des circuits. L'idée cette fois est moins de protéger l'isolant en recouvrant temporairement ses alvéoles, que d'en augmenter la résistance mécanique en « fourrant » ses pores d'une substance polymère. Le matériau de départ était ici une matrice de verre nanoporeuse, dans laquelle les chercheurs sont parvenus à injecter de longues molécules de polystyrène. Pour réussir à confiner ces macromolécules dans les cavités pourtant nanométriques, il leur aura fallu monter en température, sans toutefois risquer la destruction des chaînes polymères.

La résistance mécanique accrue des matériaux composites s'explique en général par les enchevêtrements entre les longues molécules polymères. Dans ce cas pourtant, les molécules se retrouvaient diffusées dans le matériau poreux, confinées dans des espaces nanométriques, empêchant la formation de tels enchevêtrements. Les chercheurs ne s'attendaient donc pas à constater une augmentation significative de la rigidité du matériau : les mesures ont cependant bien montré une résistance mécanique accrue, avec une quantité d'énergie 5 fois supérieure à celle anticipée pour parvenir à casser la matrice. Dans leur article, les chercheurs proposent donc une nouvelle interprétation dans ce cas de confinement : lorsque des fractures commencent à apparaître dans le matériau, les polymères jusque-là confinés s'y engouffrent et se propagent dans le réseau de fractures, solidifiant le matériau et retardant la rupture finale. Ils ont également montré que la limite de résistance mécanique avant cette rupture était liée à la nature des polymères utilisés. Ces résultats prometteurs ouvrent la voie à de nombreuses applications, dont certaines sont actuellement explorées au centre de recherches IBM-Albany sur la microélectronique avancée.

Notes

[1] « Post Porosity Plasma Protection : Scaling of Efficiency with Porosity », Theo Frot et al., Advanced Functional Materials, Vol.22 Issue 14, 24 juillet 2012 (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adfm.201200152/abstract>)

[2] « Fundamental limits of material toughening in molecularly confined polymers », Géraud Dubois et al., Nature Materials, 16 novembre 2015 (<http://www.nature.com/nmat/journal/vaop/ncurrent/full/nmat4475.html>)