

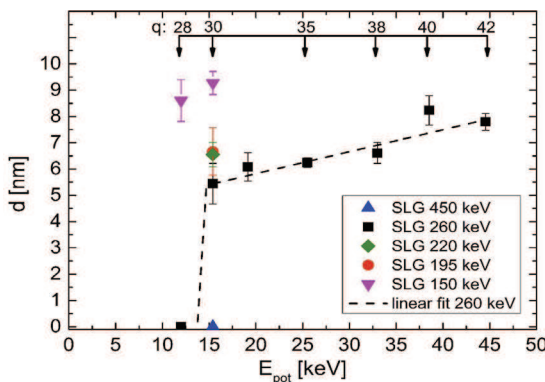


Endommagement du graphène avec des ions de basse énergie et d'état de charge élevé

Henning LEBIUS : T : 02.31.45.49.44, lebius@ganil.fr

De par sa stabilité importante face aux rayonnements, le graphène est un bon candidat pour la réalisation d'équipements électroniques et de capteurs radio-résistants. Néanmoins, nous avons montré par le passé que le graphène est très sensible aux irradiations en incidence rasante avec des ions lourds rapides. De plus, de nouvelles études en collaboration avec l'université Duisburg-Essen (Allemagne) ont montré que le graphène est également sensible à des irradiations avec des ions lents multichargés en incidence normale. Des feuilles de graphène ont été irradiées avec des ions Xénon sur les installations ARIBE (GANIL) et HICS (Duisburg). L'endommagement se manifeste non pas par des modifications topologiques comme avec des ions rapides, mais par un changement de la force de frottement sur la surface, mesurée en mode contact avec un microscope à force ato-

mique. Toutefois, l'endommagement n'a lieu qu'au-delà d'une valeur seuil de l'énergie potentielle (figure). La taille de la surface modifiée semble diminuer lorsque l'énergie cinétique augmente. Ceci est compréhensible si l'on considère un mécanisme d'endommagement impliquant des multicaptures électroniques par l'ion incident à l'approche de la surface. Il en résulte une surface localement chargée, siège de répulsions coulombiennes conduisant à sa modification. Pour les énergies cinétiques faibles, le temps de capture est élevé. L'ion peut donc capturer plus d'électrons. Avec un choix judicieux de l'énergie cinétique des ions, il semble possible de modifier la surface sur un grand diamètre, plus de 20 nm, par un seul ion incident. Ceci sera vérifié prochainement en utilisant des ions de très basse énergie de la ligne LTBE d'ARIBE.



Evolution du diamètre de la surface de graphène modifiée par des impacts uniques d'ions Xe^{q+} en fonction de l'état de charge q (de 28 à 42) et donc de l'énergie potentielle (déterminée par le travail nécessaire pour enlever q électrons de l'atome de Xénon). L'énergie cinétique de l'ion varie entre 150 et 450 keV. L'expérience a été menée sur des feuillettes simples de graphène (SLG : single layer graphene).



Une recette bon marché pour refroidir localement des circuits électroniques

Riccardo Bosio : T : 01 69 08/37 58, riccardo.bosio@cea.fr ; Geneviève Fleury : T : /73 47, genevieve.fleury@cea.fr ; Jean-Louis Pichard : T : /72 36, jean-louis.pichard@cea.fr

Plus un microprocesseur tourne vite, plus la chaleur qu'il dissipe, est importante. Pour éviter la casse, il est nécessaire de le refroidir mais à ce jour, faute de mieux, c'est le plus souvent toute la machine, voire toute la pièce, que l'on est contraint de refroidir. Un système de refroidissement local allégerait les factures et relancerait la course à la miniaturisation des microprocesseurs, aujourd'hui stoppée par ces problèmes d'évacuation de chaleur. Lors de la thèse de Riccardo Bosio, les chercheurs du Groupe Modélisation et Théorie du SPEC ont proposé un début de solution. L'idée est simple, et prometteuse car elle fonctionne avec l'un des produits phares de l'industrie des semi-conducteurs : des nanofils dopés déposés sur un substrat (Fig.A). Elle exploite l'effet thermoélectrique dans un régime dit « activé » où les électrons des nanofils

échangent de l'énergie avec les phonons du substrat pour « sauter » de site en site, d'une électrode à l'autre. Lorsque des phonons sont localement absorbés pour permettre à un électron de sauter, le substrat se refroidit en ce point ; au contraire, il se réchauffe si l'électron libère de l'énergie en passant d'un site à un autre site d'énergie inférieure. A priori, les zones réchauffées et refroidies sont aléatoirement réparties dans le substrat (Fig.B), ce qui rend l'effet inutilisable en pratique. Mais en utilisant une grille métallique, il est possible de régler l'énergie à laquelle les électrons rentrent dans les nanofils de façon à ce que tous les états disponibles dans les nanofils soient situés au-dessus, énergétiquement parlant. Alors les électrons absorbent des phonons pour rentrer et le substrat se refroidit localement (Fig.C).

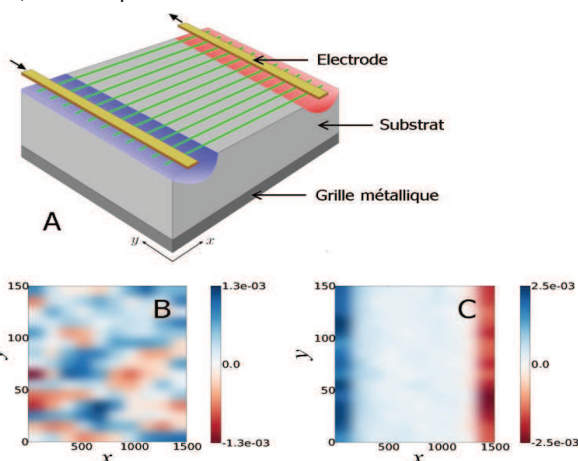


Schéma du dispositif (A). Les simulations numériques (B et C) montrent qu'en appliquant une tension entre les électrodes, on peut réchauffer (rouge) ou refroidir (bleu) localement la surface du substrat (position (x,y)).

