

Dübendorf, juin 2002

*Une méthode d'examen utilisée avec succès aussi en science de matériaux*

## **FIB – un microscope qui peut se muer en établi**

***Utilisés jusqu'ici souvent uniquement pour la détection des défauts ou pour la modification des microprocesseurs et des systèmes de semi-conducteurs modernes, les deux FIB (Focused Ion Beam, faisceau d'ions focalisé) de l'Empa sont maintenant employés avec succès dans le domaine de la science des matériaux, de la technique des assemblages et des revêtements ainsi qu'en biologie.***

Lors du processus de fabrication des microprocesseurs, les erreurs de conception des circuits ont souvent des conséquences désastreuses sur la planification du développement et les délais de livraison. La correction des erreurs de conception sur les prototypes au moyen des procédés de la lithographie classique peut nécessiter des semaines. Et ce n'est qu'alors que l'ingénieur qui a conçu la puce peut savoir si son circuit fonctionne effectivement. Le FIB permet souvent de réaliser ces opérations plus rapidement et à meilleur coût. La réparation d'un prototype d'une microprocesseur avec le microscope ionique, dont le pouvoir de résolution et le grossissement sont de plusieurs centaines de fois plus élevés que ceux d'un microscope optique, permet de clarifier la situation en quelques heures. Les deux FIB en place dans les locaux du laboratoire Electronique/Technique de mesure de l'Empa permettent d'analyser des défauts en dirigeant sur ceux-ci un gaz approprié avec le faisceau d'ions gallium et de produire des micro-réactions localisées avec une précision d'un dixième de micromètre. Il est ainsi possible de déposer des couches conductrices de tungstène ou de platine ou des films isolants en dioxyde de silicium. Etant capable de procéder aussi bien à l'ablation qu'au dépôt de couches minces, le FIB devient ainsi, en plus d'un microscope à haute résolution, un véritable établi de réparation des prototypes de microstructures. Avec cet engagement dans ce domaine, l'éventail des activités de l'Empa s'étend maintenant des constructions de ponts audacieuses à la caractérisation des structures à l'échelle du nanomètre.

### *Nouveaux domaines d'utilisation des FIB à l'Empa*

Alors que les FIB se sont déjà largement établis ces dernières années dans l'analyse des défauts et la modification des microprocesseurs et des microsystèmes (MEMS=Micro Electro Mechanical Systems et MOEMS=Micro Opto-Electro Mechanical Systems), leur utilisation dans des domaines

technico-scientifiques exigeant de performances assez semblables telles que la science des matériaux, les techniques d'assemblage et de revêtement ou la biologie, n'est encore que fort peu connue. Avec ses deux installations FIB conçues pour s'intégrer dans un environnement interdisciplinaire, l'Empa jette un pont vers de nouvelles applications.

### *Une application des FIB dans la technique des couches minces*

L'analyse d'un cas de dommage illustre combien l'utilisation d'un FIB peut être utile dans la technique des couches minces. C'est ainsi que l'on a utilisé un FIB pour analyser un défaut apparemment de peu d'importance sur la peinture d'une porte d'une voiture. Sous ce défaut de peinture insignifiant et à peine visible à la loupe, une microcoupe FIB réalisée "in situ" a révélé des dégâts d'une profondeur insoupçonnable: Une inclusion d'air dans la couche de fond venait se prolonger en se dilatant pour augmenter considérablement de volume dans la couche de peinture de finition. Ainsi directement sous la surface se trouvait une cloque d'air d'un volume important et recelant un risque inquiétant en ce sens qu'elle forme un réservoir "idéal" pour l'eau chargée de sel de déverglaçage avec les problèmes de corrosion qui en découlent.

---

### *Qu'est-ce qu'un FIB?*

Le principe de base d'un FIB est fort simple: Il consiste à remplacer sur un microscope électronique à balayage (MEB) la source d'électrons par un canon à ions de gallium. Sur un MEB, la source d'électrons arrache à l'éprouvette des électrons sans que les atomes qui la composent subissent de modifications notables. Ces électrons arrachés, appelés électrons secondaires, fournissent ainsi une information sur la topographie et la structure du matériau au point d'impact du faisceau d'électrons primaires. En faisant balayer point par point et ligne par ligne, tout comme dans un tube de télévision, l'objet à examiner par ce faisceau, on obtient une image globale de ce dernier.

L'avantage d'un faisceau d'ions gallium par rapport au faisceau d'électrons réside dans le fait que les ions possèdent une masse beaucoup plus élevée et que leur interaction avec l'échantillon est ainsi plus forte. Si l'on compare un faisceau d'électron avec une lampe de poche qui éclaire l'échantillon, le faisceau d'ions gallium correspond alors à un canon laser très puissant mais réglable. Un tel canon permet d'arracher du matériau de manière très précise de la surface d'un matériau («sputtering»). Le faisceau d'ions gallium fonctionne exactement de la même manière mais à des dimensions infiniment plus petites. Accessoirement ce bombardement d'ions gallium arrache lui aussi des électrons secondaires à l'échantillon, ce qui permet d'obtenir de ce dernier une image d'une qualité qui n'a rien à envier à celles fournies par les bons MEB.

Le «dernier cri» en matière de technologie FIB consiste à combiner en une seule installation un FIB avec un microscope électronique à balayage classique et différents dispositifs d'injection de gaz. Ce type d'installation, dénommé Dual-Beam-FIB, multiplie les avantages du FIB par ceux de la microscopie électronique à balayage classique. Pour certaines applications, telles que par exemple la confection de préparation pour la microscopie électronique par transmission, une technique jusqu'ici longue et complexe réservée à quelques spécialistes expérimentés, ce type

d'installation offre des avantages notables et ouvre des possibilités nouvelles. Une des deux installations dont dispose l'Empa est un tel Dual-Beam-FIB.

Si vous désirez obtenir davantage d'informations sur les possibilités qu'offrent ces installations, veuillez prendre contact avec l'un des deux spécialistes de l'Empa dans ce domaine.

Renseignements techniques:

Peter Jacob, 01/823 42 88,  
e-mail: peter.jacob@empa.ch

Philippe Gasser, Tel. 01/823 48 11  
e-mail: philippe.gasser@empa.ch

Rédaction:

Martina Peter, 01/823 49 87  
e-mail: martina.peter@empa.ch

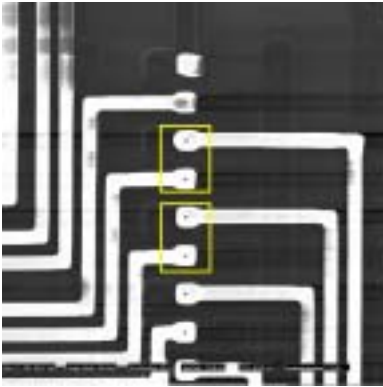


*Chambre à échantillons Dual-Beam-FIB- avec colonne électronique (en haut) et colonne latérale à ions (à gauche). Les dispositifs supplémentaires servent à l'introduction des gaz (injecteurs) et à la détection des signaux.*

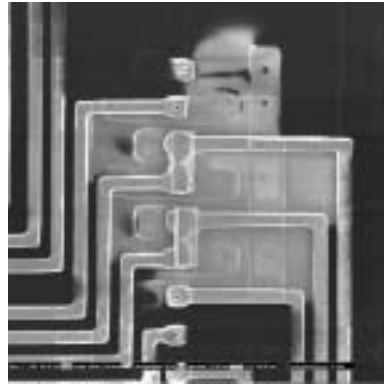


*Bien qu'installée depuis peu seulement, les deux stations FIB de l'Empa peuvent se flatter d'un taux d'occupation réjouissant par la recherche et l'industrie.*

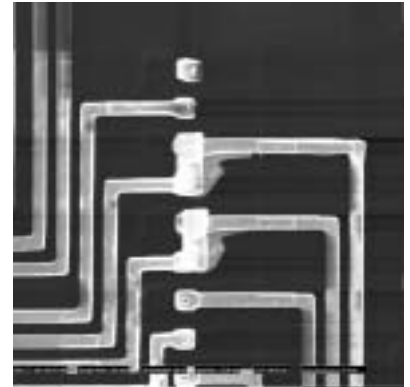
***Toutes les photographies peuvent être obtenues par voie électronique auprès de [martina.peter@empa.ch](mailto:martina.peter@empa.ch)***



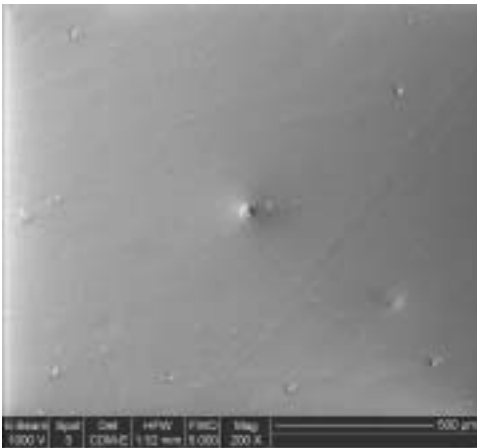
Modification d'un prototype de micropuce. Les extrémités des circuits dans les deux cases doivent être reliées entre elles avec le Dual-Beam-FIB.



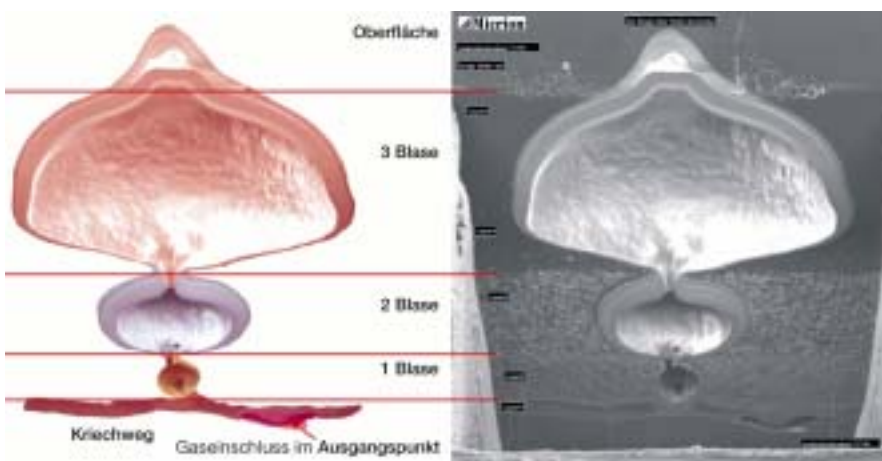
La liaison est déposée sous forme gazeuse. La surface blanche doit ensuite être éliminée à l'aide d'un autre traitement FIB sous gaz.



Les nouvelles liaisons établies après leur nettoyage.



En surface apparemment rien qu'un petit défaut de peinture insignifiant...



... sous lequel l'examen FIB révèle des abîmes inattendus. Une inclusion de gaz dans la couche de fond s'est dilatée pour former ensuite des cloques dans les couches de finition sus-jacentes.