



Au final, existe-t-il un risque pour les utilisateurs ?

L'utilisateur manipule un objet manufacturé (téléphone, téléviseur, ordinateur, MP3...) qui contient un grand nombre de composants. Ces composants n'émettent aucune nanoparticule puisqu'ils n'en comportent pas.

L'échelle nanométrique des dimensions des composants n'introduit aucune nouveauté par rapport aux composants micrométriques des générations précédentes et relève du même traitement du matériel en fin de vie, selon les préconisations du Grenelle de l'environnement («Green IT»).

La R&D en nanoélectronique

Elle se présente selon deux approches :

La première, dite « descendante », consiste à perfectionner les types de procédés existants, visant à diminuer la taille des composants, en résolvant les problèmes techniques rencontrés. Elle permet de concevoir ainsi de nouveaux composants, selon les mêmes procédés. Les processus utilisés sont de même nature que ceux employés en fabrication industrielle.

La deuxième, dite « ascendante », explore des voies expérimentales, pour lesquelles les techniques développées pour étudier les objets nanométriques ouvrent des perspectives de définition de structures nouvelles.

La compréhension des phénomènes physiques à ces échelles laisse entrevoir l'intérêt des dimensions nanométriques pour les composants électroniques. On est ainsi capable de chiffrer l'accroissement de vitesse des transistors en approchant des dimensions nanométriques.

Par exemple, des nanotubes de carbone et des nanofils de silicium sont élaborés pour être incorporés dans des structures actives réalisant des fonctions électroniques. Ces éléments sont préparés dans des réacteurs maintenus sous vide. Les feuillets monoatomiques de carbone (graphène) semblent aussi présenter de l'intérêt par rapport aux matériaux plus classiques comme le silicium.

Ces nanotubes de carbone ou nanofils de silicium ne sont pas libres, ils font partie intégrante de nouvelles structures étudiées pour de nouvelles fonctionnalités : le positionnement précis et la solidité de l'accrochage des nanofils sont un impératif absolu pour garantir la fonctionnalité du système intégré pendant sa durée de vie.

Ces composants n'émettent aucune nanoparticule puisqu'ils n'en comportent pas.

Comme d'autres branches industrielles, l'industrie du semi-conducteur s'intéresse de très près aux nanoparticules qui pourraient être générées comme sous-produits de réaction dans certains procédés de fabrication. À ce jour, seules des présomptions d'existence de nanoparticules sont identifiées pour certaines situations de travail, lors d'opérations de maintenance.

Les mesures de prévention collective et individuelle sont adaptées au fur et à mesure de l'évolution des connaissances et des études en cours.

La R&D dans le domaine de la nanoélectronique étudie les utilisations possibles de nanotubes de carbone, de graphène pour concevoir des circuits électroniques encore plus intégrés et avec de nouvelles fonctionnalités.

Dans les produits électroniques finaux, ces derniers seront inclus, fixés, et indissociables des structures des matériaux.

SYNTHÈSE

L'industrie micro ou nanoélectronique ne fabrique pas de nanoparticules, mais des structures électroniques de dimensions micro / nanoscopiques, sur des substrats le plus souvent en silicium, en vue d'augmenter le nombre de composants sur un circuit intégré.

L'utilisateur manipule un objet manufacturé (téléphone, téléviseur, ordinateur, MP3...) qui contient un grand nombre de composants.



SITELESC
micro & nanoélectronique

Le SITELESC est un syndicat professionnel qui représente la micro et la nanoélectronique. Il rassemble les acteurs de la chaîne de valeur du semi-conducteur : les laboratoires de recherche (CEA-LETI, IEMN, LAAS, LPICM-POLYTECHNIQUE), les centres de design (CADENCE, DOLPHIN, MENTOR GRAPHICS, SYNOPSIS), les fabricants de puces électroniques (3S PHOTONICS, ALTIS, ATMEL, E2V, FREESCALE, IBM, INFINEON, NXP, ON, PHOTONIS, SOITEC, STMICROELECTRONICS, TEXAS INSTRUMENTS, THALES, UMS) et les fournisseurs d'équipements (JEMI) avec les membres correspondants (DASSAULT SYSTEMES, FCI, SOFILETA, YOLE).

COORDONNÉES

SITELESC
17 rue de l'Amiral Hamelin
75016 PARIS
Tél. : 01 45 05 70 26
Fax : 01 45 05 70 37
Mail : contact@sitelesc.fr
Site Internet : www.sitelesc.fr

CAHIER D'ACTEUR SUR LE DÉVELOPPEMENT ET LA RÉGULATION DES NANOTECHNOLOGIES

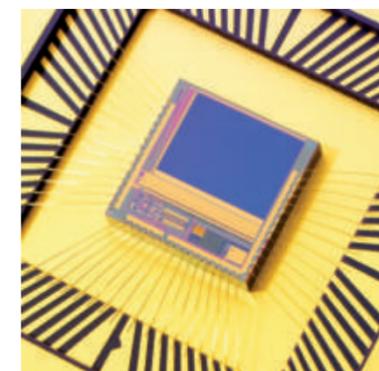
La nanoélectronique et les nanotechnologies

Les nanosciences concernent l'étude des phénomènes observés pour des objets de taille de quelques nanomètres dont les propriétés découlent de cette taille.

Elles ont donné naissance aux nanotechnologies qui regroupent l'ensemble des techniques utilisées pour fabriquer, observer ou mesurer ces objets de taille nanométrique.

Les nanotechnologies résultent de la convergence de technologies issues de champs disciplinaires historiquement séparés telles que la physique, la chimie, la biologie. Elles ouvrent des promesses considérables dans les domaines de la santé, de l'énergie, de l'environnement à la mesure des défis auxquels la société est confrontée. Trois grands domaines sont concernés : les nanomatériaux, la nanobiologie, la nanoélectronique.

L'industrie microélectronique, née à la fin des années 50, réalise des composants électroniques miniaturisés sur des plaques de silicium, en utilisant les propriétés des matériaux semi-conducteurs. Ces plaques de silicium sont découpées en « puces » et intégrées dans les appareils électroniques



les plus divers. Elles vont assurer des fonctions de calcul, de contrôle, de stockage d'informations...

Les avancées de la microélectronique visent à favoriser la réduction de la taille des composants et l'augmentation de la densité d'intégration des transistors (doublement de la densité d'intégration tous les 2 à 3 ans) pour accroître les performances.

La microélectronique est devenue nanoélectronique au début des années 2000 avec la dimension des transistors qui descend en dessous des 100 nanomètres.

Comment fabrique-t-on une « puce » de circuits intégrés semiconducteurs ?

La création de puces électroniques commence par la fabrication de tranches de silicium.

Il s'agit de réaliser un « barreau » cylindrique de silicium mono-cristallin (qui peut atteindre plusieurs dizaines de kilogrammes) à partir d'un bain de silicium « ultra-pur » obtenu par des opérations de raffinage de la silice (composant principal du sable). Le cristal cylindrique ainsi obtenu est découpé en tranches d'épaisseur inférieure au millimètre. Pour des applications spécifiques, d'autres matériaux semiconducteurs que le silicium (InP, AsGa...) sont utilisés comme support (substrat).

Ces tranches servent de substrat actif aux différents traitements physico-chimiques successifs destinés à construire les circuits intégrés :

- La tranche de silicium est recouverte d'une résine photosensible qui durcit à l'exposition à la lumière ultraviolette.
- Les motifs électriques (transistor, résistance, capacité...) destinés à être

intégrés dans le silicium sont préalablement dessinés par des ingénieurs concepteurs à l'aide de systèmes informatiques très puissants. Ces motifs sont reproduits à l'échelle 4 sur des masques dont l'image est ensuite projetée, après réduction par un système optique, sur le substrat de silicium recouvert de cette résine.

- Après le développement de la résine, qui permet de délimiter les motifs souhaités sur le silicium, la tranche est soumise à différents processus : dépôts métalliques ou isolants, implantation d'ions et diffusion en température qui introduisent des dopants dans la structure du matériau silicium pour produire les zones actives des transistors.

Ces étapes sont renouvelées plusieurs dizaines de fois pour produire les transistors et les liaisons électriques qui les relient entre eux,

- Après test électrique, la tranche est découpée en petites « puces » qui sont ensuite collées dans un support plastique.
- Les contacts électriques à la périphérie de la puce sont connectés aux broches du support par des fils microscopiques.

Il ne reste plus qu'à livrer les puces (microprocesseurs, mémoires...) aux fabricants de matériels électroniques, qui vont les monter sur des cartes électroniques afin de réaliser des téléphones, des ordinateurs, etc.

L'importance de la nanoélectronique

La production actuelle des composants les plus avancés correspond à des tailles de circuits intégrés de 22 à 45 nanomètres, avec plus de 700 millions de transistors positionnés sur une puce.

Cette progression, accompagnée de la réduction continue des coûts, est à l'origine des performances des super calculateurs, des ordinateurs personnels, des téléphones portables, des capacités mémoires pour l'enregistrement massif de films et de sons dans des volumes extrêmement réduits, ou bien de l'émergence de la télévision numérique.

Ces nouveaux composants sont à l'origine du développement des systèmes et des technologies de l'information qui concourent à une convergence de tous les moyens de communication.

Le coût réduit de ces composants et leurs performances accrues sont à l'origine de la généralisation de l'électronique (circuits électroniques, capteurs...) dans de nombreux domaines, comme dans l'automobile, pour assurer une meilleure sécurité (ABS, airbag...) et un contrôle efficace de la consommation de carburant.

Les procédés de fabrication des circuits intégrés

L'industrie micro ou nanoélectronique ne fabrique pas de nanoparticules, mais des structures électroniques de dimensions micro/nanoscopiques, sur des substrats le plus souvent en silicium, en vue d'augmenter le nombre de composants sur un circuit intégré.

Utilise-t-on des nanoparticules pour fabriquer les circuits intégrés ?

Comme dans beaucoup d'industries

manufacturières, les produits chimiques utilisés dans la fabrication des composants électroniques existent sous différentes formes (liquides, gazeuses ou solides).

Les réactions chimiques réalisées en cours de procédés provoquent un changement de la nature chimique de la matière au niveau des molécules mais ne mettent pas en jeu des nanoparticules.

L'industrie du semiconducteur utilise toutefois de façon routinière, dans certaines étapes du procédé de fabrication, des solutions liquides contenant des nanoparticules en suspension.

Il s'agit de solutions aqueuses de particules sphériques minérales de type silice, allant de la dizaine à la centaine de nanomètres, qui sont utilisées pour le polissage mécano-chimique des tranches.

La silice étant en suspension dans une solution liquide, il n'y pas d'exposition à des poussières de dimensions nanométriques au cours des polissages qui s'effectuent entièrement par voie humide et sous extraction dans une enceinte fermée.

Au final, aucune nanoparticule n'est incluse dans le composant électronique fabriqué.

Est-ce que l'on génère de façon non intentionnelle des nanoparticules lors de la fabrication des circuits intégrés ?

Les dépôts ou la croissance de matériaux semiconducteurs ou d'isolants sur les tranches sont réalisés dans des enceintes ou chambres de réaction hermétiquement closes, maintenues sous vide pendant les phases de fabrication.

Ces chambres nécessitent cependant des ouvertures périodiques pour nettoyer les dépôts sur les parois.

Ces opérations de maintenance sont susceptibles d'émettre des particules en faible quantité et il est estimé possible qu'une fraction soit constituée de nanoparticules.

Est-ce que l'on fabrique des nanoparticules de façon intentionnelle ?

Non, on ne fabrique pas de nanoparticules en réalisant des circuits à l'échelle nanométrique. Le terme retenu de nanoélectronique est associé uniquement à la dimension des motifs réalisés sur le substrat semiconducteur.

Face aux risques éventuels présentés par des nanoparticules lors de la fabrication des circuits intégrés, que font les adhérents du SITELESC pour protéger leurs salariés ?

Comme d'autres branches industrielles, l'industrie du semiconducteur s'intéresse de très près aux nanoparticules qui pourraient être générées comme sous-produits de réaction dans certains procédés de fabrication.

À ce jour, seules des présomptions d'existence de nanoparticules sont identifiées pour certaines situations de travail, lors d'opérations de maintenance.

Mesures de protection collective

De par leur conception, les salles blanches, abritant les processus de fabrication ou de recherche, sont garantes d'une atmosphère contenant très peu de poussières. La présence de flux laminaire dans ces salles induit un mouvement d'air vers le sol qui entraîne les particules (dont les nanoparticules éventuellement présentes) vers les systèmes de recirculation et de filtration d'air qui les piègent.

Il s'agit de filtres de très haute efficacité qui sont en place sur la ventilation générale. En l'état actuel des connaissances (documents INRS, Nanosafe2 et revue Salles Propres), les filtres utilisés ont une efficacité démontrée. De plus, des ventilations spécifiques sont destinées à l'évacuation des substances chimiques gazeuses générées aux postes de travail.

Les concentrations en particules dans les salles blanches font l'objet de contrôles périodiques réalisés grâce à des compteurs de particules dont la sensibilité atteint 100 nanomètres.

Mesures de protection individuelle

Le port d'équipement de protection individuelle respiratoire est requis pour certaines opérations spécifiques de maintenance en fonction de la tâche à effectuer, en lien avec l'évaluation des risques. Ces protections vont du masque filtrant (chimique et particulaire) au masque à adduction d'air ou appareil respiratoire isolant (du type de ceux utilisés par les sapeurs pompiers). Ces équipements s'ajoutent aux autres équipements de prévention du risque chimique traditionnel.

Les masques de protection respiratoire sont constitués de médias filtrants de même nature que les filtres utilisés en salle blanche.

Les protocoles de mesure de l'exposition aux nanoparticules n'étant pas encore stabilisés, et en l'absence de valeurs limites de référence, les évaluations actuellement réalisées sont qualitatives.

Mesures pour l'environnement

Les rejets liquides et gazeux dans le milieu naturel sont traités par des installations spécifiques, adaptées en fonction des activités de chaque site et dans le respect des normes de rejet.

Les sites de fabrication de semiconducteurs sont en effet soumis à des arrêtés préfectoraux d'exploitation, consécutifs à des enquêtes publiques, fixant des valeurs de rejets dans l'air et dans l'eau qui sont contrôlées par des laboratoires agréés indépendants.

Les déchets (filtres, masques...) sont traités dans des filières spécialisées pour le traitement des déchets dangereux.



Les composants électroniques au cœur du développement durable