

## Du silicium à l'ordinateur

M. Wolf/Black Star-Grazia Neri



Les ingénieurs font appel à toutes les ressources de la C.A.O. (Conception Assistée par Ordinateur) pour développer les nouveaux circuits intégrés.

La photographie du haut a été prise pendant le dessin des motifs d'un circuit à l'aide d'un traceur à haute résolution. Le concepteur peut obtenir la visualisation sur un écran de la structure du circuit mémorisée par l'ordinateur, effectuer des modifications au clavier jusqu'à la mise au point définitive et, enfin, réaliser les masques nécessaires au procédé de photolithographie.

Stock Photos/Grazia Neri

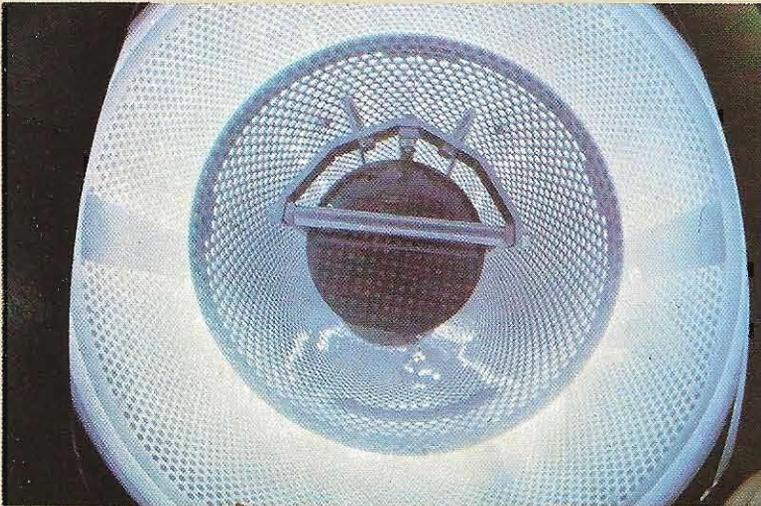


On additionne des impuretés au silicium très pur en fusion afin de lui conférer les propriétés électriques désirées. Les atomes de silicium viennent ensuite se ranger autour d'un minuscule noyau, donnant naissance à un monocristal presque parfait de silicium semi-conducteur.

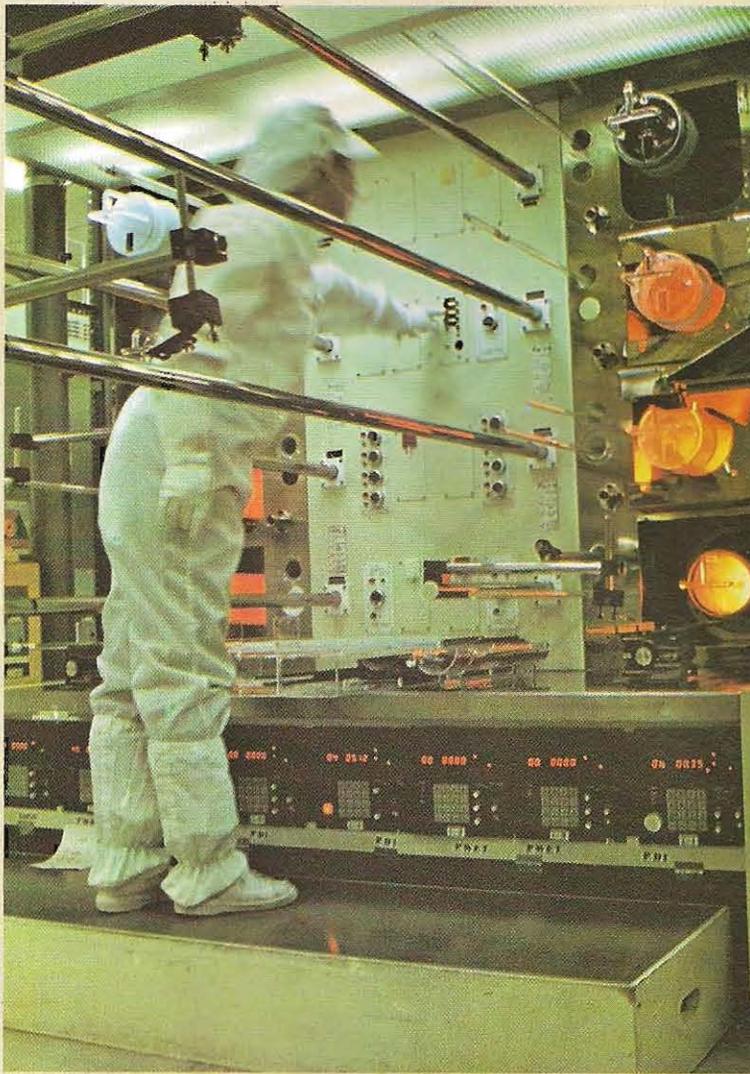
On extrait alors lentement (seconde photographie) le barreau de silicium auquel on donne un diamètre régulier avant de le découper transversalement en fins disques circulaires, les «tranches» (wafers, en anglais).

Après avoir soigneusement poli ces tranches, on y imprime les différentes couches du circuit par photolithographie.

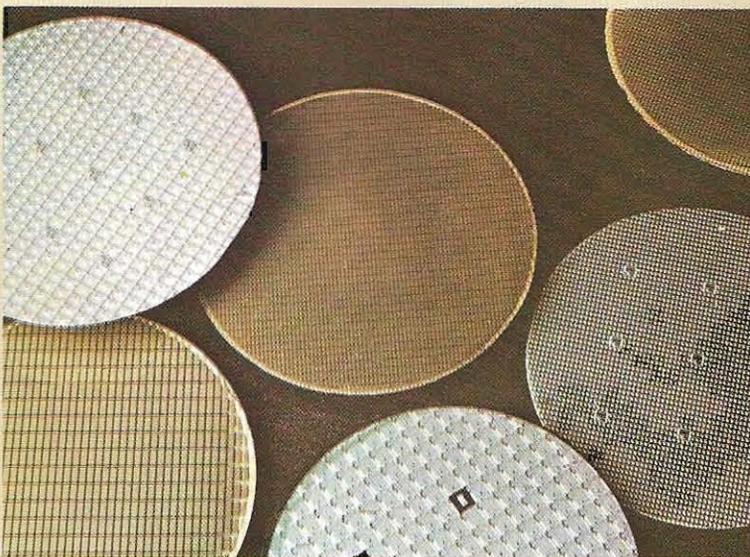
M. Wolf/Black Star-Grazia Neri



La photographie du bas illustre le bombardement des zones conductrices par de l'oxygène fortement ionisé.



M. Wolf/Black Star-Grazia Neri



B. Coleman/Marka

Les tranches de silicium doivent être traitées dans une atmosphère parfaitement contrôlée. Aussi les scelle-t-on avec des impuretés dans des ampoules de quartz qui sont ensuite placées dans des fours à haute température (photographie du haut) où les atomes des impuretés parvenues à l'état gazeux diffusent dans le silicium à travers les «fenêtres» créées par photolithographie : c'est le dopage. On obtient ainsi les transistors, les résistances et les diodes constitutifs du circuit intégré. A l'issue de la gravure, les tranches se présentent comme sur la photo du bas. On voit d'ailleurs nettement qu'en raison de la forme circulaire des tranches, les circuits qui se trouvent sur leur pourtour sont incomplets. Inutilisables, ils seront mis au rebut lors du découpage. Les puces coûtent d'autant moins cher que le circuit est plus petit, car on peut en imprimer davantage sur chaque plaquette. Avant le découpage, chaque tranche est examinée au microscope et les circuits défectueux sont marqués au vernis coloré. Un mauvais fonctionnement des puces peut avoir des origines très différentes. Du fait de l'extrême miniaturisation, le moindre grain de poussière, invisible à l'œil nu, peut couper une connexion ou même plusieurs. C'est pourquoi on apporte un soin rigoureux à toutes les étapes de la fabrication. On prend le maximum de précautions pour éviter la contamination des circuits par des corps étrangers. Une équipe du laboratoire



M. Wolff/Black Star-Grazia Neri

IBM new yorkais de East Fishkill a récemment développé une technique expérimentale de contrôle qui devrait permettre une nette amélioration du rendement de la production des puces : elle ne comprend pas moins de 300 phases.

La réalisation d'un transistor ou d'un autre composant consiste à déposer des impuretés, ou dopants, sur une tranche de silicium.

Ces dopants sont les éléments caractéristiques du composant. Ils doivent être disposés à des endroits déterminés avec une précision de l'ordre de l'atome.

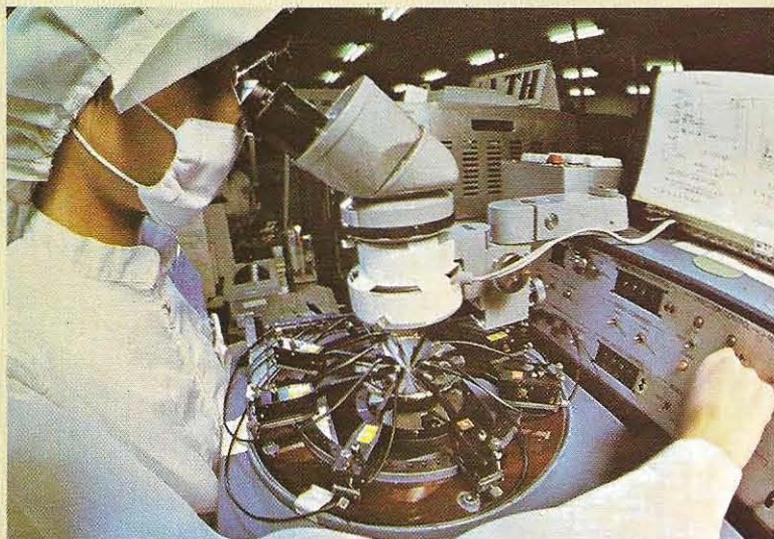
Sinon, le circuit est défectueux. Le dépôt de la substance dopante suppose donc des mesures extrêmement minutieuses. Cette nouvelle méthode de contrôle garantit le positionnement parfait des masques et donc, la disposition correcte des circuits sur la microplaquette.

Le positionnement des masques est, en effet, l'une des étapes les plus délicates.

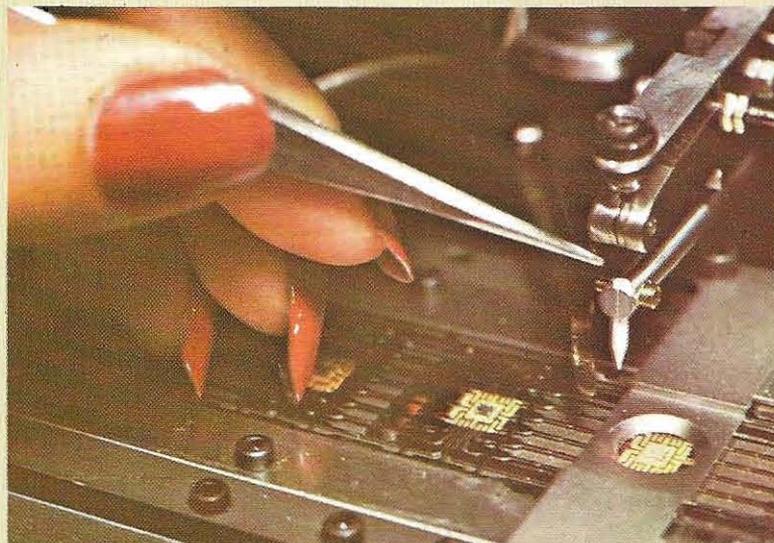
Il s'agit de disposer, sur des puces d'une quarantaine de millimètres carrés, des milliers de composants dont la taille est d'environ un micron (l'épaisseur moyenne d'un cheveu est de 250 microns).

Après cet examen optique, on teste le fonctionnement des circuits encore réunis sur les tranches (photo du milieu).

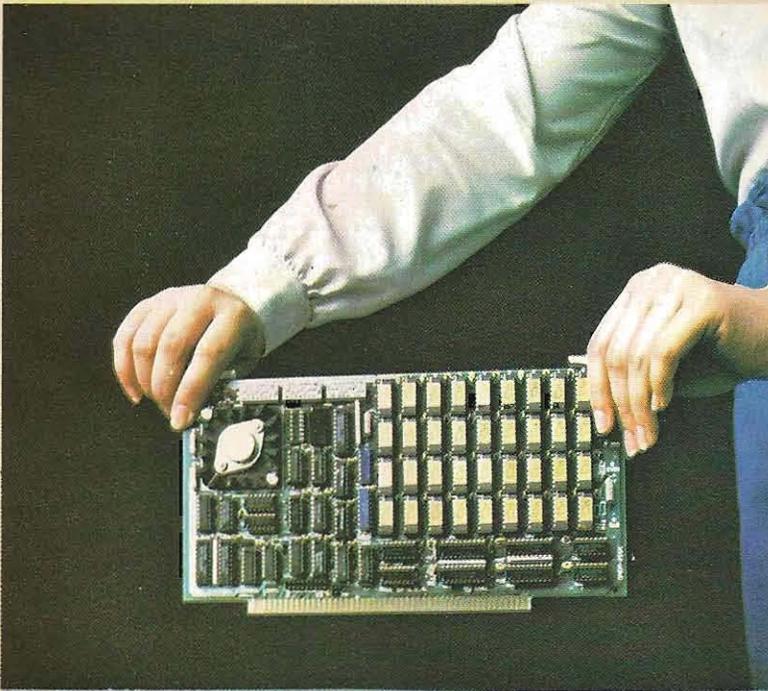
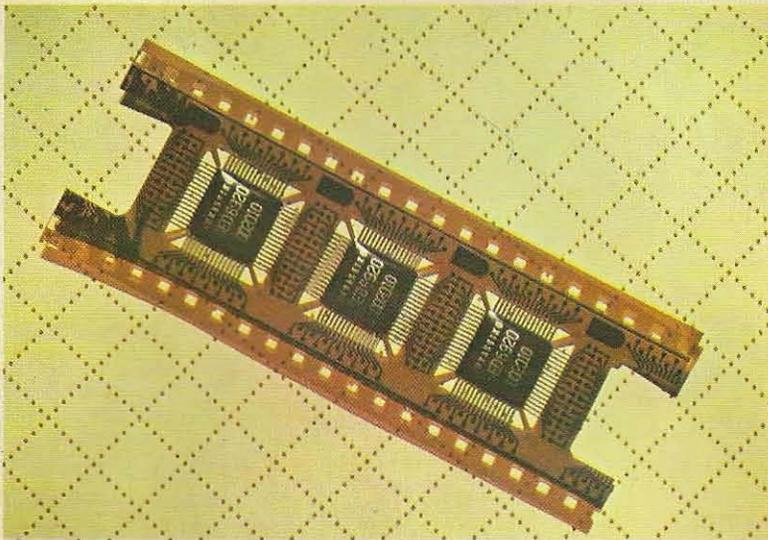
Chaque circuit est soumis au contrôle d'un testeur commandé par ordinateur. Des pointes conductrices, placées automatiquement aux endroits voulus, transmettent



M. Wolff/Black Star-Grazia Neri



K. Reeser/Marka



des signaux électriques de faible intensité. La réponse du circuit intégré est alors comparée à une réponse-type et la plus légère différence entraîne son élimination.

Lorsque tous les contrôles ont été effectués, on procède au découpage des plaquettes à l'aide d'une lame diamantée commandée par une machine micrométrique. Les « mauvais » circuits sont rejetés tandis que les « bonnes » puces sont câblées dans une machine spéciale afin de pouvoir être raccordées à l'extérieur (photo du bas de la page 768).

Une fois tous les fils de connexion soudés, les puces sont encapsulées dans des supports de céramique qui les protègent et les isolent définitivement. Seuls dépassent encore les fils de connexion. Comme ils sont également très fragiles, on les protège à leur tour en insérant les éléments de céramique à la suite les uns des autres dans une bande qui rappelle une pellicule photographique (photo du haut).

Les perforations qui se trouvent de chaque côté permettent de manipuler les composants sans les endommager, notamment pour leur montage et leur soudage sur les plaques. On peut voir sur la photographie ci-contre une plaque de composants prête à être placée dans le logement qui lui est destiné sur une machine. L'insertion suffit généralement à établir les connexions, même s'il est parfois nécessaire de réaliser quelques soudures pour les rendre plus fiables.