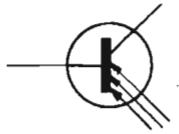


$$1 + 1 = 10$$

$$10 + 10 = 100$$

$$1000 - 100 = 100$$

$$11 \times 11 = 1001$$

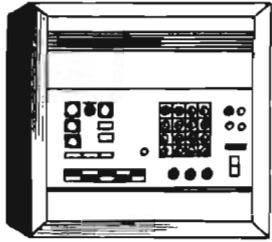


OUI

NON

ET

OU



INITIATION AU CALCUL ELECTRONIQUE

LES MÉMOIRES EN SEMI-CONDUCTEURS

LA Compagnie IBM, en annonçant le troisième ordinateur de la série 370 — le modèle 145 — a causé une certaine surprise : la mémoire centrale est entièrement composée de circuits intégrés monolithiques.

Dans les mémoires conventionnelles, l'information est stockée sur des tores agencés sur un réseau de fils conducteurs. Ces tores constituent, depuis près de 15 ans, la technologie de base des mémoires d'ordinateur. Dans la mémoire à circuits intégrés du modèle 145, l'information est stockée dans des circuits électroniques : 1 400 circuits élémentaires sont imprimés sur une microplaquette en silicium d'environ 3,2 mm², et ces éléments sont interconnectés pour former 174 circuits complets de mémoire sur

chaque microplaquette. L'utilisation de cette technologie monolithique, par sa très haute densité de circuits, permet d'offrir aux utilisateurs du modèle 145 plus de 500 000 positions de mémoire sur une surface réduite de moitié par rapport à celle d'une classique mémoire à ferrites.

LE SECOND SOUFFLE

L'annonce du premier ordinateur tout semi-conducteur a donné un second souffle à certaines firmes américaines.

Ainsi, George Cogar, président de la Cogar Corp. a affirmé que l'innovation apportée par IBM dans le domaine des ordinateurs, était aussi « significative que l'introduction des turboréacteurs en aviation ». Pour Lee Boysel,

président de Four Phase Systems, Inc. qui a également sorti, il y a quelques mois, un petit ordinateur à mémoire en semi-conducteur, « l'état solide, c'est la voie qu'il fallait suivre depuis longtemps ». Et ce qu'a dit Robert Graham, vice-président du marketing chez Intel Corp., résume bien la pensée de tous les fabricants de semi-conducteurs : « IBM vient de démontrer que les tores n'étaient pas indispensables. Et quand IBM le dit, les gens l'écoutent ! »

L'importance technologique de l'IBM 370/145 est indiscutable. Depuis que les ordinateurs existent, ceux-ci n'ont jamais été utilisés suivant toutes leurs possibilités : le calculateur central a toujours été beaucoup trop rapide pour la mémoire et bien sûr pour les périphériques. Aujourd'hui tout a changé : la mémoire est compatible avec l'unité de calcul !

Ce qui a pu quand même surprendre, c'est l'utilisation d'une technologie bipolaire dans la série 370, et non MOS. D'après certains spécialistes IBM, la voie suivie par IBM est tout à fait logique, car elle conduisait à la

machine la plus rentable, économiquement parlant. William R. Arnold, président de Semiconductor Electronic Memories, Inc., a dit, par exemple, qu'il était toujours persuadé que les mémoires MOS n'apparaîtront pas avant 1974-1975, dans les ordinateurs, c'est-à-dire lorsqu'elles seront vraiment meilleur marché.

LE LSI AMELIORE LES MINI-ORDINATEURS

Néanmoins, les mini-ordinateurs à mémoires en semi-conducteurs font maintenant leur apparition. Les derniers en date, sont certainement les Nova 1200 et 1800 et le Super Nova SC qui utilisent des LSI dans leurs mémoires. L'intérêt de ces trois machines provient du fait qu'elles utilisent des circuits intégrés standards : des mémoires dites « scratchpad » de 64 bits et des mémoires à lecture seulement de 256 bits. Et ce qui est également intéressant, c'est de savoir qu'ici la technologie utilisée est celle des MDS. La mémoire de la Supernova SC a un temps de cycle de 300 ns, elle

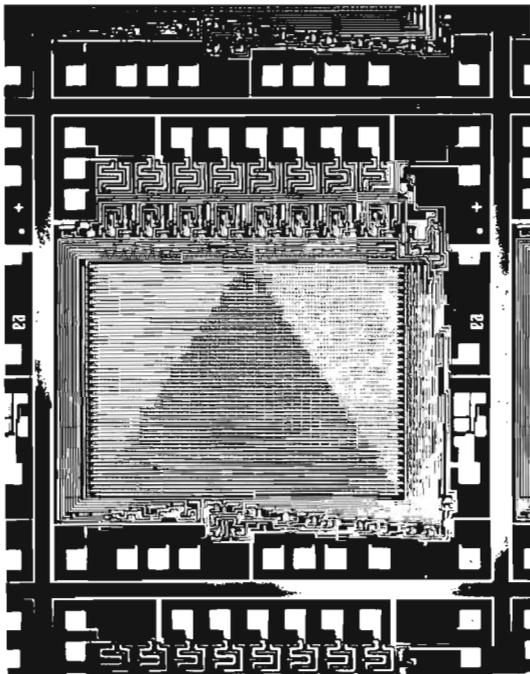


Photo 1. — Cette mémoire à lecture seulement peut stocker 4 096 bits sur une surface de 5 mm².

(Cliché Electronic Arrays, Inc.)

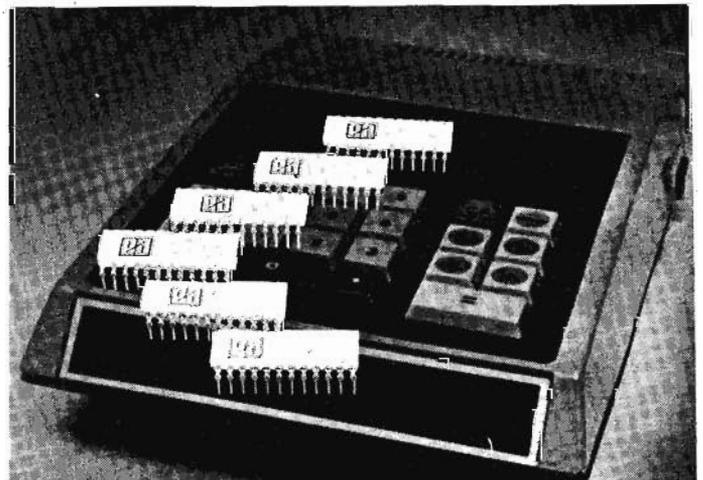


Photo 2. — Les calculatrices de bureau : un marché nouveau pour les circuits LSI.

(Cliché Electronic Arrays, Inc.)

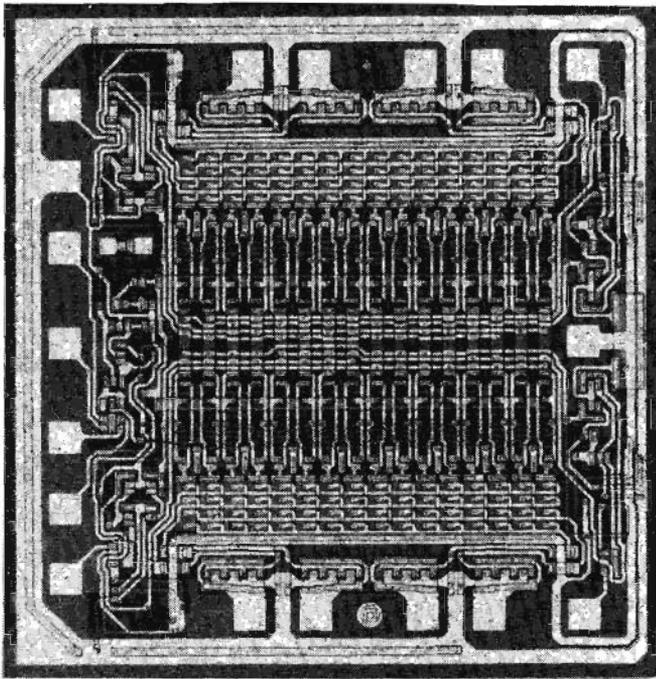


Photo 3. — La mémoire à lecture seulement XC170. L'utilisateur indique la fonction à remplir par cette mémoire ; le réseau d'interconnexions est alors réalisé par ordinateur. (Cliché Motorola)

consomme peu d'énergie — comme tout circuit MOS — et occupe un très faible volume.

De plus, les mémoires LSI sont rapides :

- la cellule de mémoire se lit sans avoir à détruire l'information qu'elle contenait (on dit que la lecture est non-destructive)

- cette lecture non-destructive permet de gagner du temps : dans les mémoires à lecture destructive, il faut récrire l'information dans la mémoire après lecture

- la puissance du signal délivré est élevée — plus élevée qu'avec les tores.

Ces divers avantages contrastent nettement avec les ennuis présentés par les tores : ceux-ci sont relativement lents et volumineux ; leur lecture détruit l'information contenue.

Le but recherché par les constructeurs de la série des Nova — outre celui d'améliorer les performances de leurs mini-ordinateurs — consistait à augmenter les possibilités de la mémoire : on diminue les dimensions, on augmente la capacité : avec les MOS, la capacité a été multipliée par quatre, et pour la Data General Corp., le constructeur de Nova, les MOS ont permis de construire les mémoires rapides les moins chères.

Lorsque l'on incorpore une mémoire en semi-conducteur dans un ordinateur, le processeur central doit être modifié, afin qu'il puisse utiliser efficacement la mémoire. La première étape consiste à rendre le processeur entièrement parallèle. Il s'ensuit que le processeur ne

peut pas être microprogrammé. Un microprogramme est une série d'instructions qui définissent le cheminement d'un nombre issu de la mémoire centrale et traversant séquentiellement diverses unités fonctionnelles du processeur. Le microprogramme est souvent « écrit » dans une mémoire à lecture seulement. Chaque nombre subit donc des transformations nombreuses et jusqu'à présent on a eu affaire à des processeurs très rapides : finalement le nombre important de séquences du microprogramme était compensé par la vitesse élevée du processeur. Jusqu'à présent donc, le processeur travaillait dans le mode « série » — une séquence après l'autre. On va pouvoir le rendre parallèle.

La lecture n'est pas destructive : on a alors la possibilité de faire exécuter une instruction par le processeur et en même temps d'aller chercher l'instruction suivante dans la mémoire centrale. Avec les mémoires à tores, ce n'était pas possible puisqu'il fallait réécrire l'information. C'est donc ce qui est réalisé dans la Super Nova SC : dès qu'une instruction est trouvée, elle est communiquée au processeur et en même temps, la machine commence à rechercher l'instruction suivante. Il est bien évident que l'on gagne de la sorte beaucoup de temps. Conséquence : chaque instruction est effectivement traitée en quelques centaines de nanosecondes.

DES MEMOIRES A LECTURE SEULEMENT...

Comme son nom l'indique, une mémoire à lecture seulement est un élément dans lequel la calculatrice ne peut introduire aucune donnée nouvelle. Les informations qu'elles contiennent doivent donc être écrites au stade de la fabrication, ou du moins, lors de son installation dans la machine. Les Anglo-Saxons appellent ces types de mémoires, des R.O.M. — abréviation de Read-Only Memory —

Une variante du R.O.M. est la mémoire à lecture majoritaire — R.M.M. ou Read Mostly Memory —, dont l'utilisation comporte beaucoup plus de lectures qu'd'écritures. Dans les mémoires RMM, une information peut donc être effacée.

Les semi-conducteurs ont fait leur apparition dans le domaine des mémoires à lecture seulement avec le XC 170 de Motorola. Cette mémoire de 128 bits présente, sur une seule structure monolithique une capacité de seize mots de 8 bits. Ce circuit est réalisé sur une pastille de silicium contenant 8 amplificateurs inverseurs et logique TTL, donnant accès aux portes de sélection de 16 mots à partir de quatre entrées d'adresse. Ces portes assurent la sélection de l'un des 16 mots du réseau de la mémoire.

Afin de permettre la réalisation de circuits « sur mesure », Motorola a mis au point une méthode auto-

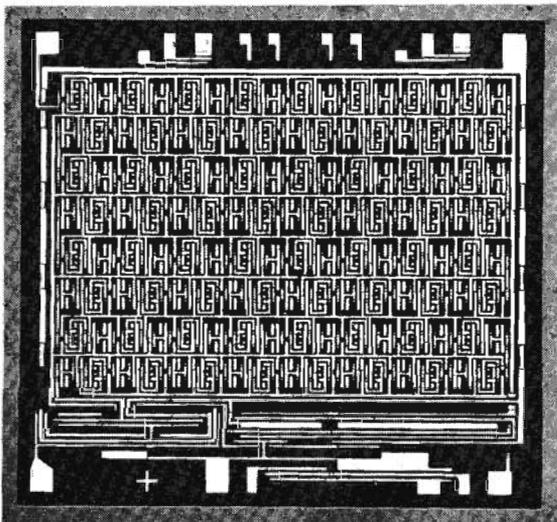


Photo 4. — Registre à décalage MOS de 64 bits. Sa vitesse de fonctionnement atteint 25 MHz.

(Cliché Ragen Semiconductor)

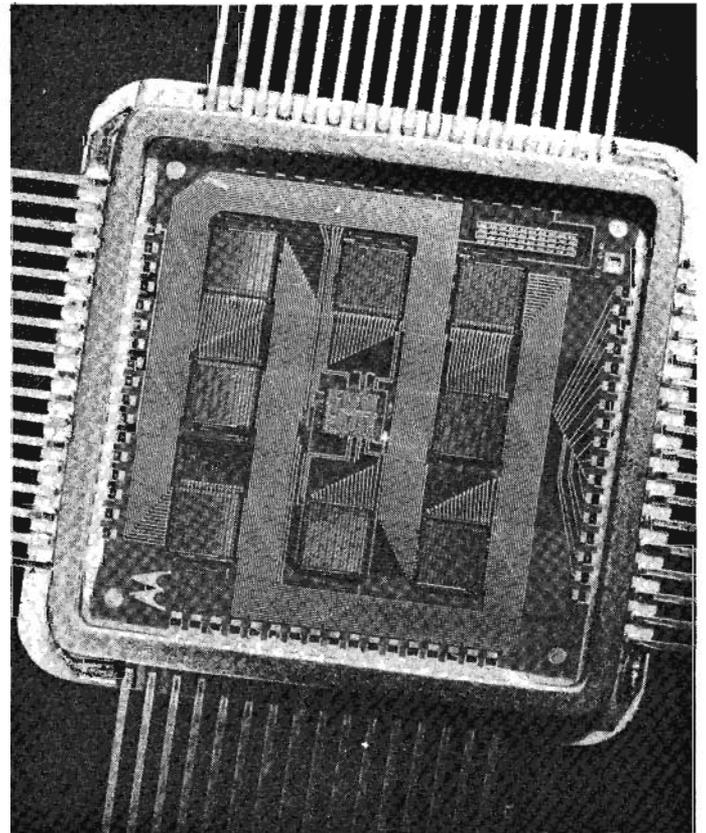


Photo 5. — Un « package » de la mémoire à beam-leads est constitué de huit unités MC de stockage, entourant une « puce » bipolaire. L'ensemble contient 2048 bits de mémoire ; on assemble quatre tels « packages » pour constituer la mémoire de 8 192 bits.

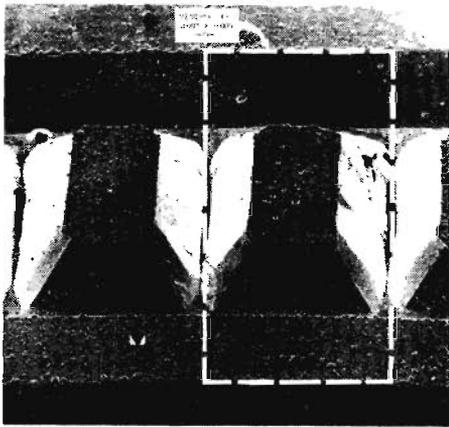


Photo 6. — Cette cellule de mémoire à diode Schottky, vue au microscope électronique, ne mesure que 25 x 125 microns...

matique de production des marques de fabrication des circuits intégrés. Les données à mémoriser sont portées sur une carte perforée à 80 colonnes portant le nom et la référence du client. La carte fournit les éléments d'entrée d'un programme d'ordinateur qui délivre à son tour les données destinées à une table à tracer automatique.

A noter également une facilité supplémentaire offerte à la clientèle, possibilité adoptée maintenant par l'autres fabricants de mémoires en semi-conducteur : les utilisateurs peuvent se procurer des circuits de mémoire ne contenant que des « 1 » logiques. Avec un microscope et une pointe à diamant ou une aiguille, l'utilisateur peut gratter ces connexions métalliques et introduire des « 0 » aux endroits désirés. Le client réalise donc lui-même un prototype et après avoir déterminé la configuration lui convenant le mieux, il peut reporter cette configuration sur une carte perforée pour qu'elle soit traitée, par la suite, sur machine.

Ces types de circuits intégrés ont déjà un nom : ce sont les SCROM - Scratchable Read-Only Memory, ou mémoires grattables.

... AUX MEMOIRES « BLOC-NOTES »

Une mémoire « bloc-notes » — les Américains disent « Scratchpad » — est une mémoire très rapide servant au stockage temporaire d'une petite quantité d'informations : résultats de calculs intermédiaires, données sur le point d'être utilisées, etc. Sa vitesse doit être comparable à celle d'une unité logique : entre 5 et 100 nanosecondes.

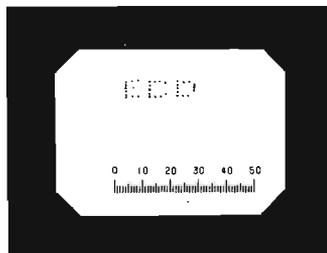
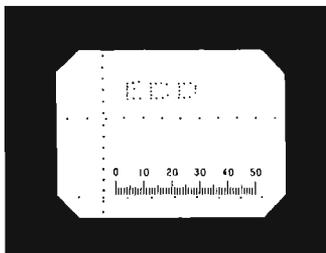


Photo 6 a. — ... Elle constituera l'élément de base des mémoires à semi-conducteur de demain

EN SOMME... LA PROLIFERATION !

« Prolifération », c'est donc le terme qui désigne le mieux l'état actuel des mémoires en semi-conducteur. Chaque fabricant de circuits intégrés veut entrer dans la course ; chacun annonce constamment de nouvelles mémoires à circuits intégrés. Et, comme si la situation avait besoin d'être compliquée, les ingénieurs de grosses compagnies — Texas

d'ordinateur. IBM vient de lancer le mouvement.

- Dans les petits ordinateurs — ceux qui ne requièrent pas plus de 10 000 bits de mémoire, les mémoires en semi-conducteur ont déjà commencé à remplacer les tores de ferrite.

- Les circuits bipolaires vont être employés lorsque l'on aura besoin de temps d'accès très rapides — moins de 100 nanosecondes. Les MOS sont destinés aux applications ne nécessitant pas

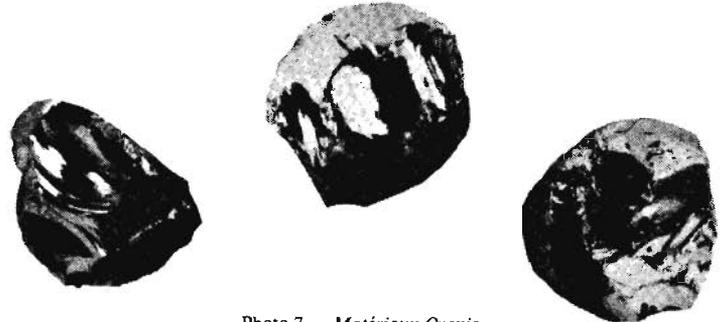


Photo 7. — Matériaux Ovonic (Cliché Energy Conversion Devices - Troy, Mich.)

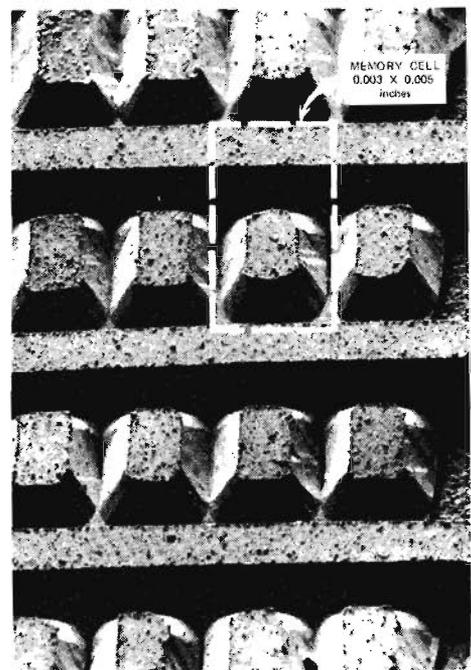
Instruments, Motorola, Fairchild — créent leur propre société, et produisent leurs propres mémoires en semi-conducteurs ! On compte ainsi non moins de 18 compagnies qui envisagent ou qui ont commencé à vendre des mémoires en semi-conducteurs. Et chacune de ces firmes proclame disposer de la plus grande, de la moins chère, et de la plus rapide mémoire en semi-conducteurs !

Quand et où va-t-on utiliser ces mémoires ?

- Dans les mémoires de masse

de temps d'accès supérieurs à 300 nanosecondes.

Gordon Hoffman, l'un des responsables de la firme Mostek estime que, dans les années à venir, les mémoires en semi-conducteur vont proliférer à l'intérieur même de l'ordinateur : on trouvera dans les terminaux par exemple, des petits modules de mémoire de 1 000 bits, dont le prix, en quantité, ne dépasse pas 100 dollars pièce — soit 5 à 6 fois moins qu'une mémoire à tores de même capacité.



MEMORY CELLS FOR A COMPUTER — The memory cells are small in size, but they are extremely reliable and are used in a variety of applications. The structure is a new type of silicon semiconductor memory, called charge transfer memory. They are being developed by Bell Laboratories for non-volatile memory systems. Each cell contains one bit of information. The structure of an individual cell is shown in the diagram. Some of the data points in the array are shown in a magnified view.

Photo 7 a. — Une mémoire de masse Ovonic est lue par un faisceau laser et les informations sont affichées sous forme de séries de points lumineux sur un écran.

RENDEMENTS ACCRUS GRACE AUX BEAM-LEADS

Rien n'est parfait et tout est susceptible d'être amélioré... même le réseau d'interconnexions des circuits intégrés. C'est ce qu'on a prouvé deux ingénieurs de Motorola, John Marley et George Trolsen qui ont mis au point, dans leur laboratoire de Phoenix, dans l'Arizona, une nouvelle méthode, dite « beam-lead laminate ». En quelque sorte, toutes les connexions d'une plaquette support de circuits intégrés font un tout (Fig. 1). La méthode offre de nombreux avantages sur les procédés classiques de câblage : mise en place plus rapide, plus aisée, meilleur marché des composants, et surtout amélioration de la fiabilité et du rendement des modules semi-conducteurs ainsi fabriqués.

circuit tombe en panne, on le dessoude et on fait un simple échange standard.

La structure d'une plaquette de connexions est constituée de fines feuilles diélectriques en polyimide — du kapton — de 25 microns d'épaisseur sur lesquelles sont déposés des conducteurs de 75 microns de large et espacés les uns des autres de 125 microns (Fig. 1). Le conducteur-poutre est « ancré » dans la feuille de kapton.

LES DIODES SCHOTTKY ENTRENT EN SCENE...

Les diodes Schottky ne stockent pas de charge électrique : elles ouvrent des perspectives nouvelles dans le monde des circuits intégrés et en particulier des mémoires en semi-conducteur. Elles rendent plus aisée en outre la fabrication de

est mise en série avec une jonction $p-n$ (par exemple avec la jonction base-collecteur d'un transistor $n-p-n$). On a alors ce que Sigurd Waben, des Bell Telephone Laboratories, a appelé une cellule de mémoire à transfert de charge. C'est la diode $p-n$ qui conserve l'information sous forme de charges électriques représentant soit un « 1 », soit un « 0 » logiques. Au moment de la lecture, cette charge est transférée à l'autre diode.

D'après Sigurd Waben, le temps de lecture d'une mémoire pourrait être de 50 nanosecondes et on pourrait stocker près de 20 000 bits d'information par centimètre carré de mémoire.

... AINSI QUE LES SEMI- CONDUCTEURS AMORPHES

L'innovation se trouve dans les connexions, dans les composants, mais aussi dans les matériaux. C'est ce qui vient d'être démontré aux U.S.A. par la réalisation de la première mémoire « Read-Mostly Memory » — à lecture essentiellement — en semi-conducteur amorphe.

Qu'est-ce qu'un semi-conducteur amorphe ? Du verre tout simplement, ou plutôt, une famille de verres aux propriétés bien spéciales. Des propriétés qui devraient permettre de réaliser un jour des densités de stockage, dans des mémoires amorphes, de l'ordre d'un million de bits par centimètre carré. On peut alors concevoir des mémoires optiques en semi-conducteur amorphe, transparent à la lumière rouge à l'état « conducteur » et opaque à l'état « non conducteur », capables de stocker jusqu'à 10^{12} — un billion, soit un million de million — de bits d'informations. D'ailleurs ce n'est pas tout : les semi-conducteurs amorphes se prêtent à bien d'autres applications : affichage électroluminescent, commande de processus, etc.

Toutes ces possibilités ne pourront être vraiment exploitées à fond tant que l'on n'aura pas compris exactement comment fonctionne le semi-conducteur amorphe. Néanmoins les recherches vont bon train et la théorie la plus connue est celle qui est à l'étude chez Energy Conversion Devices Inc., entreprise fondée par S.R. Ovshinsky pour le développement des dispositifs à semi-conducteurs amorphes, connue maintenant sous le nom d'Ovonic (Fig. 2).

La théorie d'Ovshinsky et de ses collaborateurs, Cohen et Fritzsche a permis de construire un modèle, dit CFO (ce sont les initiales des trois chercheurs), qui caractérise la structure de bandes d'énergie et les propriétés électriques observées dans de nombreux verres chalcogènes — les verres amorphes les plus courants. Tout récemment, deux autres modèles, dits HFO

et FO ont été construits pour expliquer le phénomène de commutation dans des semi-conducteurs amorphes. Et bien que ces modèles ne soient pas encore parfaits, ils expliquent de façon satisfaisante le comportement des semi-conducteurs amorphes.

Ce comportement est mieux compris lorsque l'on considère les différences entre les solides amorphes et les solides cristallins. Un cristal est un assemblage périodique d'atomes. Tout le cristal est ordonné de sorte que les « environnements » de deux atomes quelconques sont quasiment identiques. Dans un solide amorphe au contraire, deux atomes qui ne sont pas voisins, ont des « environnements » différents. On dit que les solides amorphes ont un ordre à courte distance, tandis que les solides cristallins ont un ordre à longue distance.

D'autre part, l'état amorphe d'une composition chimique donnée possède, en général, une énergie supérieure à celle de son état cristallin ; en d'autres termes cela signifie que les solides amorphes sont métastables. Les solides amorphes cristallisent si on les chauffe au-dessus d'une température critique, puis si on les refroidit lentement. Par contre, si on les refroidit rapidement (par un tremp), on évite la cristallisation.

Cette caractéristique métastable pose un problème : ne peut-il avoir davantage de structure métastable d'une même composition chimique ? Par exemple, le germanium, s'il est déposé sur un substrat froid directement à partir de l'état gazeux, conduit-il à une unique solide métastable donnée ? S'il y a plusieurs structures métastables possibles, l'ingénieur aura alors à sa disposition une foule de nouveaux matériaux ayant chacun des propriétés spécifiques intéressantes.

Pour classer de tels solides amorphes, le critère choisi est le type de liaison entre atomes : liaison covalente ou la liaison ionique ; dans les matériaux à liaisons ioniques, on distingue les corps purs et les systèmes mélangés ; finalement, trois classes de matériaux amorphes peuvent être déterminées : les semi-conducteurs élémentaires (germanium, silicium

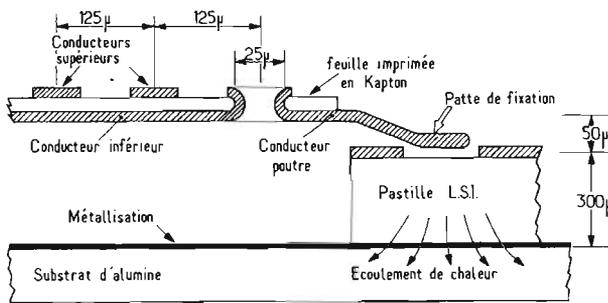


Fig. 1. — Le conducteur poutre fait partie des conducteurs de la plaque imprimée et il est réalisé en même temps que les autres conducteurs. On le soude au circuit LSI au moment de la fabrication du circuit électronique.

La couche métallisée sur le substrat permet d'alimenter la pastille LSI tandis que la chaleur dissipée est évacuée dans le substrat d'alumine.

Motorola a prouvé les bienfaits de son invention, en fabriquant un module de mémoire en semi-conducteur MOS, pouvant stocker un peu plus de 8 000 bits d'informations.

La technologie « Beam-lead » — littéralement conducteur-poutre — a été mise au point aux Bell Telephone Laboratories. Il s'agissait pratiquement de fournir des éléments actifs — des transistors essentiellement — aux circuits réalisés en couche mince. Il y avait un premier inconvénient dans la technique originale : la chaleur était évacuée par les contacts ; maintenant elle traverse le substrat ; d'autre part, le prix de revient de la fabrication du conducteur-poutre était élevé. Ce qui n'est pas le cas dans le procédé « beam-lead laminate », car les conducteurs sont tous réalisés en même temps, tandis que l'élément de mémoire est fabriqué sans beam-lead : les conducteurs-poutres sont soudés aux circuits LSI au dernier moment. D'autre part, chaque conducteur-poutre peut être examiné séparément — dans un contrôle de qualité ; on assure ainsi une meilleure fiabilité au circuit. Enfin, si un

circuits LSI car elles sont capables de remplir plus de fonctions sur un espace plus faible que dans les LSI « classiques » — s'il est déjà possible de dénommer « classique » un ensemble naissant de circuits —.

Intel, Bell Telephone, etc., concentrent leurs efforts sur la fabrication de diodes Schottky fiables. En soi, une diode Schottky consiste en une jonction métal-semi-conducteur. Si le métal utilisé est l'aluminium, on a alors la possibilité de réaliser des diodes Schottky monolithiques, compatibles avec les procédés standards de fabrication des circuits intégrés.

Dans une diode Schottky faite d'aluminium sur du silicium de type n , le courant direct est essentiellement dû au mouvement des électrons passant du semi-conducteur vers le métal. Ces électrons sont vite en équilibre avec les électrons déjà présents dans le métal : il n'y a donc effectivement pas de charge stockée. C'est la différence essentielle avec la jonction $p-n$, à travers laquelle circulent électrons et « trous » positifs et autour de laquelle se forme une barrière de potentiel due à l'accumulation de charges électriques.

Pratiquement, la diode Schottky

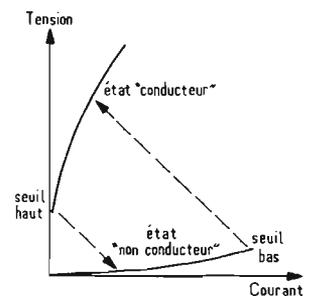


Fig. 2. — Caractéristique d'un Ovonic.

ellure, bore), les semi-conducteurs amorphes covalents (Ge, Te, As₂Se₃, les verres chalcogènes...) et les semi-conducteurs amorphes ioniques (V₂O₅, Al₂O₃, et les verres d'oxydes de métaux de transition).

une des autres par des diodes-jonction p-n en silicium.

Ces cellules amorphes sont des ovonics; elles consistent en un film, d'un micron d'épaisseur, placé entre deux électrodes. Quand la

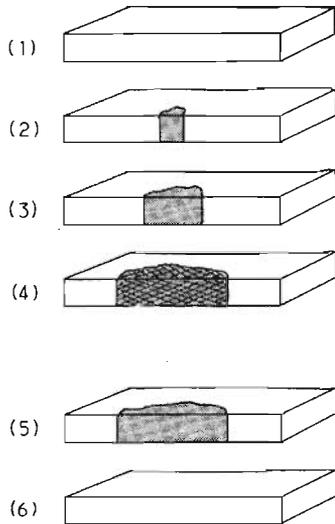


Fig. 3. — Comment bascule un Ovonic. **Passage à l'état « conducteur ».**

(1) Etat initial : le matériau amorphe a une résistance élevée.

(2) On applique une tension : la conduction débute dans un fin canal. Le matériau est toujours amorphe.

(3) La dissipation d'énergie étend la zone de conduction. Le matériau est encore amorphe.

(4) Le matériau cesse brusquement d'être amorphe : un état ordonné des atomes apparaît dans le canal. Le matériau possède alors une résistance faible — comme les cristaux.

Passage à l'état « non conducteur »

(5) Une impulsion renvoie le matériau à l'état amorphe.

(6) Cet état amorphe persiste après la disparition de l'impulsion.

ET VOICI LA MEMOIRE AMORPHE !

Les ingénieurs de Energy Conversion Devices Inc. ont donc fabriqué la première mémoire en semi-conducteur amorphe. C'est une mémoire à lecture essentiellement : elle peut être programmée, lue, reprogrammée ; et une fois programmée, elle conserve les informations crées jusqu'à ce que celles-ci soient intentionnellement modifiées. Cette mémoire est dite « Read-Only Memory » - R.M.M.

La microprogrammation va certainement apparaître comme étant l'application principale des R.M.M. L'intérêt est évident : le programmeur va pouvoir modifier, à volonté, une séquence de calcul dans un temps très bref. Les domaines d'utilisation se situent alors :

- au niveau des ordinateurs embarqués,
- au niveau des systèmes de contrôle des processus,
- et partout, dans l'industrie, où l'on aura à charger occasionnellement des données (au stade de la recherche et du développement, par exemple).

Pratiquement, la nouvelle mémoire amorphe se compose de 56 cellules amorphes séparées les

une tension appliquée sur les électrodes dépasse un certain seuil, l'intensité du courant est multipliée par mille, tandis que la tension à travers le film s'est écroulée à environ un volt. Le film est devenu « conducteur ». Au-dessous d'une certaine valeur de la tension appliquée, le film bascule dans l'état « non-conducteur ».

Que s'est-il passé ? La tension devenait trop grande, il y a eu un claquage dans le verre... un claquage non destructeur. Dès qu'une toute petite région du film amorphe devient plus chaude, à cause du passage d'un courant, sa conductivité augmente, un courant plus important la traverse ce qui tend encore à élever la température locale. Cette montée de température remet de l'ordre dans les atomes : le film cesse d'être amorphe et devient brusquement conducteur.

Le passage d'un état à l'autre s'effectue en moins d'un dixième de nanoseconde, mais il ne se produit qu'après un retard de l'ordre de 10 nanosecondes.

Voilà donc l'une des mémoires en semi-conducteur qui doivent sortir des laboratoires, dans la décennie. Il y en a d'autres, comme nous le verrons le mois prochain !

Marc Ferretti.

Seul à Paris !

Acoustic Club

CHAÎNES TRÈS HAUTE FIDÉLITÉ
TOUTES LES MEILLEURES MARQUES

38, RUE DU TAGE — PARIS-13^e

Métro : MAISON BLANCHE



EN PLUS DES AUTRES...

...des conseils acoustiques par des acousticiens. Votre chaîne sera adaptée à votre lieu d'écoute.



AU PRIX DES AUTRES !...

Très haute fidélité ne veut pas dire prix inconsiderés.

EXPERTISE DE VOTRE LIEU D'ÉCOUTE
SUR DEMANDE

BON A DÉCOUPER

Je désire, acquérir une CHAÎNE TRÈS HAUTE FIDÉLITÉ et, avant toute décision, souhaite la visite d'un ACOUSTICIEN.

● Mes goûts musicaux (Variétés - Jazz - Classique) (1)

● Je peux vous recevoir de à heures.

NOM

PROFESSION

ADRESSE

TÉLÉPHONE

(1) Rayez les mentions inutiles.