

— Faible résistance base-émetteur due à la forte densité d'impuretés au voisinage de l'émetteur.

— Faible capacité base-collecteur due à une faible densité d'impuretés dans la base près du collecteur, ce qui favorisait aussi la tenue en tension de rupture collecteur-base.

— Augmentation de la fréquence de coupure à cause de l'accélération des porteurs en transit dans la base (fig. 4).

Les transistors « Drift » atteignaient des fréquences de coupure de l'ordre de plus de 100 MHz.

Ces qualités rendaient possible la conception de circuits haute fréquence, présentant un bon gain en puissance dans une gamme étendue de niveaux d'entrée.

Cependant les transistors « Drift » se limitèrent aux applications haute fréquence pour petits signaux.

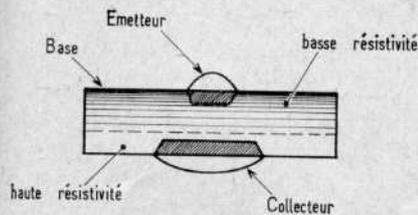


FIG. 4

**Le transistor A.D.**, connu encore sous l'appellation A.D.T. (Alloy Diffused Transistor) dès 1958, apportait une solution originale aux problèmes assez contradictoires de la puissance et de la vitesse ; de plus la méthode de fabrication se prête bien à une production de grande série (fig. 5).

La matière de départ est fournie par des plaquettes de germanium de type P.

Deux grains de plomb d'un diamètre de 120  $\mu\text{m}$  sont placés à environ 50  $\mu\text{m}$  l'un de l'autre sur chaque plaquette de germanium.

Chacun des deux grains contient de l'antimoine comme élément donneur, et l'un d'eux contient en outre de l'aluminium comme élément accepteur.

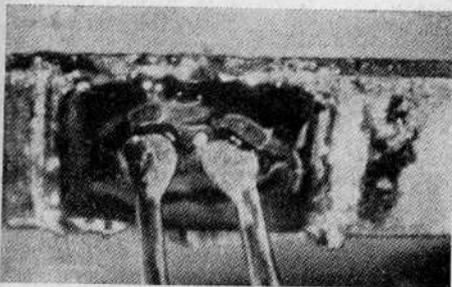


FIG. 5. — Microphotographie d'un transistor AD prévu pour 100 MHz. Grossissement 62 fois

L'ensemble est placé dans un four porté à une température d'environ 800°C.

En s'évaporant des grains de plomb, l'élément donneur antimoine a diffusé dans le cristal de germanium type P en formant une couche de surface N.

Cette couche N s'est réunie aux couches N qui se sont formées sous les deux grains en

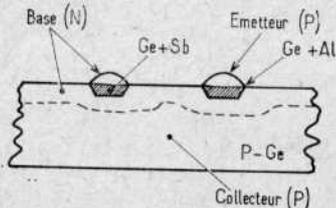


FIG. 6

constituant la couche de la base du transistor (couche de quelques microns) ; la zone hachurée sur la droite s'est solidifiée en germanium P puisque ici les atomes d'aluminium dépassent en nombre ceux du métal accepteur antimoine. Cela constitue l'émetteur (fig. 6).

La région hachurée de gauche s'est solidifiée en germanium N et assure un bon contact électrique avec la base.

Dans le procédé d'alliage par diffusion en une seule étape, les contacts de la base et de l'émetteur sont réalisés en même temps que les jonctions PN nécessaires.

Un perfectionnement au procédé d'alliage par diffusion consiste à établir un traitement de diffusion préliminaire de la base.

Cette technique permet la réalisation de transistors pour applications radio et très hautes fréquences, de commutation rapide, et de puissance rapide. Citons, par exemple, le type ASZ 21 dont la fréquence de coupure minimale est de 300 MHz.

Elle est encore largement utilisée actuellement.

**Le transistor diffusé à micro-alliage (MADT)** connut un certain succès vers la fin des années cinquante. Il consistait en une plaquette de base attaquée chimiquement de part et d'autre et rendue très fine. L'émetteur et le collecteur étaient alors déposés sur les deux faces, puis alliés par passage au four.

Cette technique permet d'obtenir des transistors rapides, au-delà de 400 MHz. Cependant les tensions qu'ils pouvaient supporter restèrent toujours faibles, et il était difficilement concevable de réaliser des transistors de puissance en utilisant ce procédé.

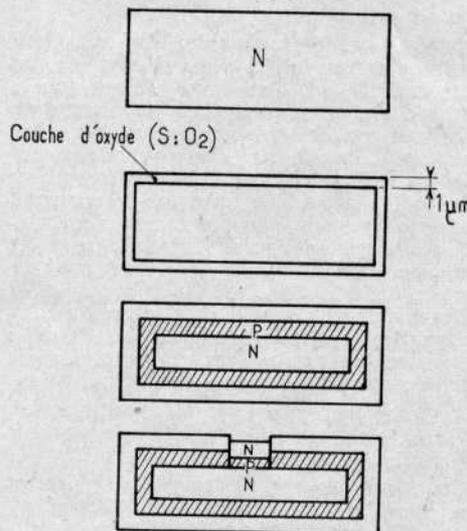


FIG. 7

**Le transistor Mesa.** — Ces dispositifs apparurent vers 1958 et sont encore utilisés largement aujourd'hui. Comme dans les transistors par alliage-diffusion ADT, le matériau de départ est constitué par le collecteur. La base du Mesa est diffusé dans le collecteur, et l'émetteur est soit diffusé soit allié dans la base. Le Mesa est ensuite découpé pour réduire la surface de la région base du collecteur (figure 7).

Ce genre de transistor nécessite l'emploi de la technique de masquage, utilisée dans les transistors à jonctions diffusées. Le principe de fabrication d'un transistor Mesa est le suivant : partant d'une plaquette de silicium monocristallin, cette plaquette est découpée et polie jusqu'à l'obtention des dimensions exigées. La plaquette est ensuite oxydée sous oxygène humide à 1 200° C sur une épaisseur de 1  $\mu\text{m}$ . L'opération suivante consiste en une diffusion

de gallium (P) sur une profondeur de quelques microns. On réalise ensuite des fenêtres dans l'oxyde de surface par photogravure. La surface est badigeonnée au Resifax et recouverte d'un film, puis exposée aux ultra-violets (procédé dit photorésist.). Le Resifax est enlevé partout où il n'est pas polymérisé, car la plaquette est recouverte d'un masque dont l'ouverture correspond à celle de la fenêtre.

A travers la fenêtre ainsi réalisée on diffuse du phosphore (N) sur une profondeur de quelques microns. L'ensemble NPN est ainsi obtenu (fig. 8).

Cette situation présente plusieurs avantages par rapport aux techniques précédentes :

- Epaisseur de base aisément contrôlable.
- Tenue en tension élevée grâce à la jonction diffusée base-collecteur.

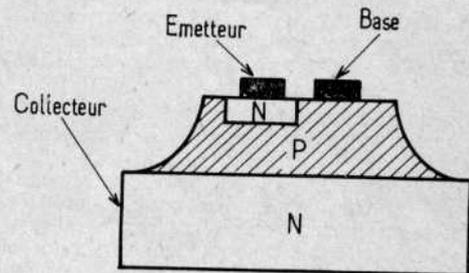


FIG. 8

Elle présente cependant quelques inconvénients ; c'est ainsi qu'à géométrie égale la capacité collecteur-base est plus élevée que pour un transistor MADT ou ADT. De plus le collecteur étant le support du transistor, il doit avoir une certaine épaisseur qui provoque une chute de tension et accroît sensiblement la constante de désaturation lorsque le dispositif est utilisé en commutation.

Cependant le transistor Mesa convient pour des applications en R.F., T.H.F. pour faibles et moyens niveaux et en commutation pour les niveaux faibles.

**Le transistor Mesa épitaxial.** — Le collecteur d'un transistor Mesa est constitué par une couche cristalline de résistivité relativement élevée (faible dopage). Cette particularité est nécessaire pour obtenir une tension collecteur-émetteur suffisamment élevée et une faible capacité de collecteur. A cette résistivité élevée correspond une tension de saturation ( $V_{\text{BO sat}}$ ) importante, ce qui est un inconvénient. Une réduction de cette tension de saturation pourrait être obtenue avec des couches de collecteur d'une épaisseur plus fine. On se trouve limité ici par des raisons technologiques de réalisations de plaquettes minces (fig. 9).

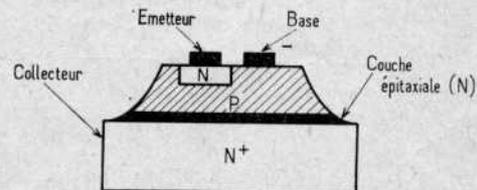


FIG. 9

Cette difficulté peut être surmontée par la technique de l'épitaxie. La croissance épitaxiale d'un cristal consiste à utiliser des sédiments sous forme vaporeuse pour amorcer une couche cristallisée sur le sommet d'une couche cristalline. Par exemple, partant d'une plaquette de silicium de type N+ fortement dopé, donc de faible résistivité ( $0,001 < \rho < 0,01 \Omega/\text{cm}$ ) on envoie sur ce substrat, porté à haute température, un gaz