

Sur la fiabilité des mémoires bipolares PROM

Autor(en): **Bajenesco, T. I.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **69 (1978)**

Heft 6

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-914857>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Sur la fiabilité des mémoires bipolaires PROM

Par T.I. Bajeneco

621.377.622.25:681.327.67: 62-192;

Pour mieux comprendre les différences concernant la fiabilité des divers types de mémoires mortes programmables, l'article présente une courte étude comparative des technologies utilisées et de leurs défaillances typiques. L'auteur décrit ensuite les aspects fiabilistes les plus importants des PROM à fusion de films minces. Enfin le lecteur est familiarisé avec quelques problèmes pratiques concernant la programmation.

Um die Unterschiede in der Zuverlässigkeit verschiedener PROM-Typen verständlicher zu machen, beginnt der Aufsatz mit einer kurzen Vergleichsstudie der verwendeten Technologien und deren typischen Ausfälle. Der Autor beschreibt dann die wichtigsten Zuverlässigkeitsaspekte der Dünnsfilm-«fusible-link»-PROM. Schliesslich wird der Leser mit einigen praktischen Problemen der Programmierung vertraut gemacht.

1. Introduction

Les premières mémoires mortes programmables (PROM, Programmable Read-Only Memory) datent du printemps 1970; à présent on distingue quatre technologies bipolaires différentes; il y a au moins 12 fabricants et au-delà de 50 types ayant une capacité qui varie de 256 à 16384 bits.

Une mémoire morte est un circuit qui contient un message ou un programme – sous forme binaire – écrit une seule fois et de façon indestructible; il est ensuite possible de le lire à volonté. Contrairement aux mémoires mortes classiques ROM où l'écriture du programme est effectuée au cours de la fabrication, les ROM programmables par l'utilisateur sont fabriquées de telle sorte que, à l'origine, la totalité des bits se trouve dans un même état logique. Afin d'écrire son programme, l'utilisateur a la possibilité de provoquer au niveau des bits de la mémoire des modifications électriques irréversibles. Généralement on utilise deux types de techniques, la technologie à fusible ou la technique par destruction de jonction.

L'utilisation des mémoires mortes programmables conduit à des économies importantes, car les PROM évitent les frais élevés pour masquage spécial des mémoires mortes classiques ROM. En plus, la somme des temps nécessaires à la réalisation du masquage spécial et à la fabrication des mémoires ROM s'élève à deux jusqu'à trois mois, temps qui doit être considéré comme un retard pour le système électronique où les mémoires seront finalement utilisées.

Les PROM sont rapides¹⁾, relativement bon marché, peuvent être programmées par l'utilisateur-même en quelques minutes, et l'information programmée se conserve même en cas de panne de l'alimentation. Par contre on doit remplacer le microcircuit PROM chaque fois qu'on désire changer l'information à stocker.

¹⁾ Temps d'accès (à titre indicatif): ECL-PROM 15...20 ns, TTL-PROM 25...50 ns, MOS-PROM > 200 ns.

²⁾ Voir la bibliographie à la fin de l'article.

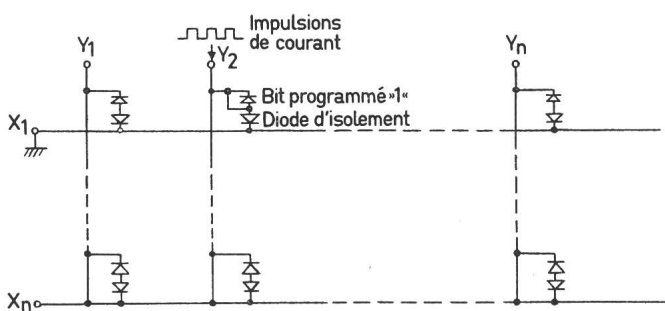


Fig. 1 Principe de réalisation d'une PROM à destruction de jonction

$X_1...X_n$ lignes de mots
 $Y_1...Y_n$ lignes de bits

2. Etude comparative des technologies utilisées

Afin de mieux comprendre les différences concernant la fiabilité des divers types de mémoires mortes programmables, il est opportun de présenter les principes de base et les technologies utilisées actuellement.

2.1 PROM à destruction de jonction

La technologie AIM (avalanche induced migration) a été utilisée dès septembre 1971 [1; 2; 3]²⁾. En principe cette méthode consiste à court-circuiter de façon sélective des jonctions à semiconducteur en appliquant des séries d'impulsions de courant. La mémoire est construite sous forme matricielle de N mots de m bits chacun. Chaque ligne de mot est réunie à chaque ligne de bit par deux diodes tête-bêche correspondant à un circuit ouvert (fig. 1). Tout se passe comme si, à l'origine, les lignes de mot n'étaient pas réunies aux lignes de bit. La programmation consiste à court-circuiter une des deux diodes au niveau d'un bit préalablement choisi (fig. 2). Les diodes court-circuitées représentent des «1» logiques, tandis que les transistors base en l'air représentent des «0» logiques.

Depuis le développement des jonctions à l'état solide des semi-conducteurs, le phénomène de claquage par avalanche a

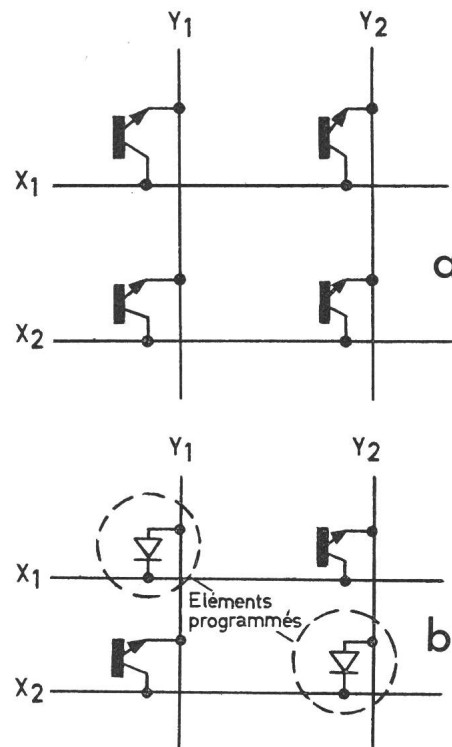


Fig. 2 Réseau de cellules de mémoires selon la technologie AIM

a non programmées X_1, X_2 lignes de mots
b programmées Y_1, Y_2 lignes de bits

été étudié en détail et des applications, comme les diodes avalanche utilisées pour le réglage de tension ou les diodes d'émission avalanche de haute et de basse puissance (impatt), ont été mises au point. Tant que le courant d'avalanche et la dissipation de puissance sont correctement limités, le claquage par avalanche ne détruit pas la jonction. Si le courant d'avalanche augmente au delà de la limite, le phénomène de claquage secondaire a lieu: la jonction est détruite physiquement par fusion locale conduisant ainsi à un court-circuit résistif (fig. 3).

Pendant l'opération de programmation on utilise un important courant inverse (d'avalanche) de 200 mA en impulsions courtes d'une durée de 7,5 μ s. Après chaque impulsion on vérifie si la programmation a vraiment eu lieu; de cette façon chaque élément reçoit seulement le nombre d'impulsions strictement nécessaire afin de court-circuiter la jonction EB. On chauffe ainsi la jonction base-émetteur à une haute température qui provoque la migration de l'aluminium de la zone de contact vers la jonction en la court-circuitant. A noter qu'en examinant la surface de la pastille, même avec un microscope électronique extrêmement puissant, on ne peut distinguer aucune différence entre les diodes programmées et celles non-programmées (fig. 4). Cela prouve que le phénomène de programmation n'est pas un mécanisme superficiel; il a lieu à une profondeur d'un micron ou plus, donc à l'intérieur du silicium, le bit programmé étant ainsi protégé contre toute influence de dégradation due à l'environnement.

2.2 PROM à fusion de films minces NiCr ou TiW [2; 4...13]

Dans ce cas, chaque ligne de bit est réunie à chaque ligne de mot par une seule jonction polarisée dans le sens direct qui se trouve en série avec un «fusible» constitué par une métallisation de surface fine et étroite, déposée sur la pastille entre deux lignes métalliques (fig. 5). Afin de programmer ce type de mémoire on fait passer dans ce fusible un courant élevé qui le détruit par vaporisation, créant ainsi le circuit ouvert recherché.

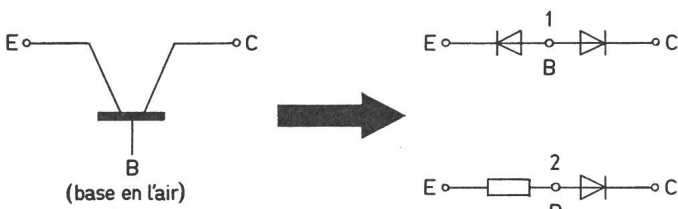


Fig. 3 Représentation schématisée des états d'une mémoire PROM à destruction de jonction

1 avant la programmation 2 après la programmation

Technologie NiCr

Les expériences effectuées jusqu'ici [1] ont montré que le NiCr est affecté par des mécanismes d'électro-corrosion en contact avec l'humidité qui atteint la surface du NiCr à travers les craquelures ou les trous de la couche de protection en verre, en nitrure de silicium, etc.

C'est en 1960 qu'on a utilisé pour la première fois un film mince NiCr (nickel-chrome) pour la fabrication de micro-circuits contenant des résistances; la déposition des films minces NiCr était donc connue depuis longtemps, et les propriétés et la fiabilité de ces films étaient bien étudiées. L'élément

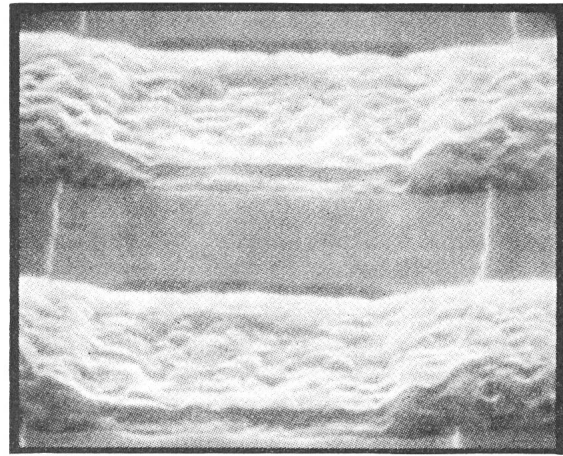


Fig. 4 Microphotographie non retouchée montrant une jonction programmée (en haut) et une jonction non programmée (en bas)

Document Intersil: agrandissement 5000 fois: aucune différence entre les deux parties n'est visible

nouveau intervenu en 1970 était l'utilisation du NiCr comme fusible programmable. Quoique la configuration, l'épaisseur ou la composition varient d'un fabricant à l'autre, l'élément essentiel est commun: l'application de 1...2 impulsions de courant de programmation ayant une énergie suffisante pour produire une région non-conductrice du fusible.

Parmi les sources de la non-fiabilité des PROM NiCr il faut mentionner:

- la lenteur de la diffusion de l'aluminium à travers la couche SiO_2 ;
- la difficulté de réaliser des contacts NiCr fiables;
- la corrosion du NiCr;
- la présence de dendrites conductrices dans la région de discontinuité d'un fusible programmé;
- l'effet «grow back», qui sera discuté plus loin.

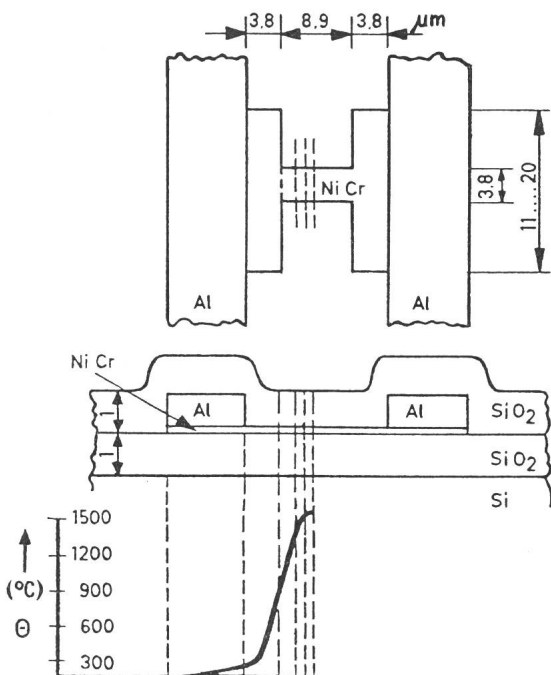


Fig. 5 Distribution de la température le long du «col» d'un fusible NiCr résultant d'un modèle computerisé [15]

Au début, les PROM NiCr n'étaient pas si fiables, par suite d'oxydations et de la formation de composants provoquant un mauvais contact avec les parties en aluminium [4]. Pour éliminer ces mécanismes de défaillance on a introduit des boîtiers hermétiques où on enferme les pastilles dans un milieu contenant du nitrogène et un minimum de verre. Dernièrement on expose les pastilles à des températures élevées (≥ 500 °C) pendant de courtes durées de temps, afin d'améliorer la qualité des contacts NiCr-Al.

L'énergie E_p nécessaire pour faire fondre le fusible NiCr, soit l'énergie de programmation, est donnée par la relation [15]

$$E_p = S \cdot \Delta T \cdot M + F \cdot M$$

$$M = 5,7 \cdot 10^{-12} \text{ g masse de la région de discontinuité}$$

$$T = 1400 \text{ °C}$$

$$\Delta T = 1325 \text{ °C (la température du boîtier étant } 75 \text{ °C)}$$

$$S = 0,457 \text{ W} \cdot \text{s/g} \cdot \text{°C chaleur spécifique}$$

$$F = 323 \text{ W} \cdot \text{s/g chaleur latente}$$

Ces valeurs donnent

$$E_p = 5,3 \cdot 10^{-9} \text{ W} \cdot \text{s}$$

L'énergie appliquée au fusible doit être suffisante pour compenser la conduction de la chaleur à travers la couche d'oxyde et le substrat de silice. Pour une densité nominale de courant de l'ordre de $2,5 \cdot 10^7 \text{ A/cm}^2$ dans la région étranglée du fusible³⁾, les atomes de Ni et Cr deviennent mobiles dû à la haute température de cette région et au gradient thermique existant entre la même région et les régions situées aux extrémités du fusible.

Technologie TiW

La technologie TiW (titan-tungstène) a été utilisée pour la première fois vers la fin de l'année 1973. Les facteurs qui affectent la programmabilité et la fiabilité sont tous semblables au cas des films minces NiCr. La programmation des fusibles TiW diffère, par contre, de la programmation des fusibles NiCr, car le circuit de programmation des PROM TiW contient une diode Zéner qui prévient le fonctionnement du transistor de programmation en dessous de 7...8 V. De ce fait chaque fusible est soumis à un courant de 40...70 mA lors de la programmation; si le dispositif de programmation ne fournit pas au moins 7 V, le niveau de courant résultant n'est pas suffisant pour effectuer une programmation.

³⁾ Dans [16] on recommande pour la technologie dite «Schottky diode fusing matrix» une densité de courant $\geq 2 \cdot 10^7 \text{ A/cm}^2$ et une largeur de l'impulsion de 2 ms.

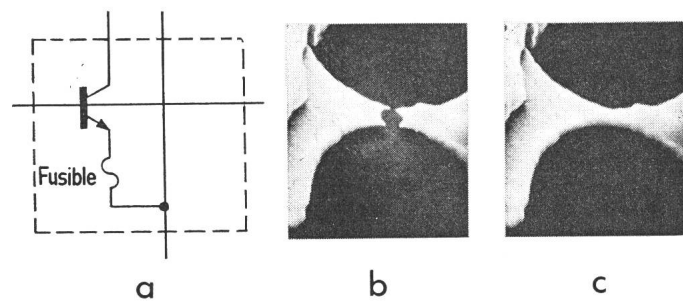


Fig. 6 Mémoire à fusible en polysilicone

a Schéma de la cellule

b Fusible programmé (Document Intel)

c Fusible non programmé (Document Intel)

Les fusibles TiW sont moins susceptibles à l'électro-corrosion, car ils sont plus épais que ceux au NiCr et sont riches en tungstène. On connaît, toutefois, de nombreux cas d'auto-programmation (dûs aux courants de fuite), si bien que le fabricant a introduit un test visant à éliminer ces défaillances. L'efficacité de ce test n'est pas encore connue.

La possibilité d'apparition du «grow back» est relativement petite, étant donné le point de fusion élevé de la métallisation TiW et le fait que le fusible fondu se couvre d'une couche en TiO_2 après la programmation.

Cette technologie permet une meilleure réalisation de la petite géométrie du fusible; en plus le matériel du fusible (TiW) est particulièrement résistant à l'électro-corrosion provoquée par la pénétration de l'humidité. Par contre le TiW est fragile. Des craquelures peuvent se développer et conduire à l'interruption du fusible [1].

2.3 PROM à fusion de films en polysilicone [17]

Les mémoires PROM polysilicone sont similaires aux mémoires à fusion de films minces NiCr, à l'exception du matériel utilisé comme fusible (fig. 6a). Ici les fusibles sont constitués par du silicium polycristallin dopé n , déposé sur la plaquette et ensuite attaqué de manière à permettre la réalisation des fusibles désirés. La région centrale du fusible (largeur approximative $2,5 \mu\text{m}$) fond si le courant dépasse 20...30 mA environ. Le polysilicone fondu se retire des deux côtés du centre et forme une discontinuité d'environ $5 \mu\text{m}$ de longueur. C'est ainsi que les dendrites conductrices ou les éventuels matériaux conducteurs sont éliminés de la région de discontinuité (fig. 6b). Normalement deux impulsions suffisent pour interrompre le fusible.

3. «Grow back»: Causes et modalités d'élimination

Au commencement, le terme de «grow back» a été utilisé pour décrire un changement apparent d'un bit programmé. Les recherches effectuées récemment par certains fabricants [15] ont conduit à la conclusion que le «grow back» est un défaut caractéristique de la période de jeunesse des PROM à fusible métallique (NiCr ou TiW) et est pratiquement inconnu pour les longues durées de vie des mémoires. La MTBF n'en est pas affectée; après 168 h de fonctionnement à la température ambiante ces défaillances sont normalement éliminées.

Les expériences effectuées par un fabricant de mémoires à fusion de films minces NiCr [18] ont conduit aux conclusions suivantes:

- Le «grow back» est lié à une énergie de programmation limitée.
- Le meilleur déverminage⁴⁾ pour les défaillances «grow back» liées au potentiel de surface est un «burn-in» dynamique pour la valeur maximale de la tension d'alimentation V_{cc} et la température maximale (valeurs limites absolues).
- Les impulsions longues ont le même effet que les impulsions à faible temps de montée: les deux provoquent des «grow back».
- Le «grow back» est limité aux fusibles fondus pour lesquels la tension de claquage de la région de discontinuité varie entre 2 et 5 V et n'est pas rencontré pour des tensions de claquage élevées.
- Le temps de montée des impulsions de programmation ne doit pas dépasser $100 \mu\text{s}$.
- Il semble que les basses valeurs du rapport dE_p/dt favorisent l'électromigration et augmentent la probabilité d'apparition du «grow back».

⁴⁾ Déverminage: Sélection systématique préliminaire des dispositifs afin d'éliminer les composants inférieurs à la norme et les exemplaires ayant des défauts de jeunesse.

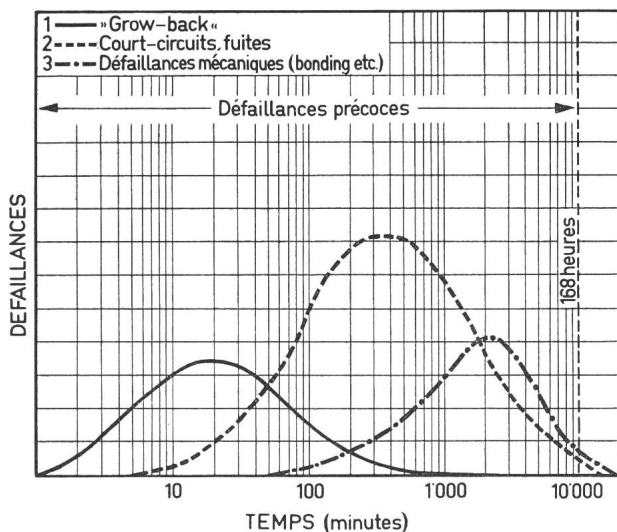


Fig. 7 Aperçu quantitatif de l'incidence typique des défaillances précoces pour les trois grandes catégories de défaillance PROM à fusion des films minces NiCr ou TiW [18]

- Le pourcentage de «grow back» est plus important aux températures élevées, vu les dilatations des extrémités du fusible fondu.
- Après les premières 168 h de fonctionnement des PROM le taux de défaillance est d'environ 1% ; on peut distinguer trois catégories de défauts :

80...95% des PROM défectueuses présentent des court-circuits entrée-sortie, causés souvent par un composant intégré abîmé pendant la programmation ; 5...15% ont des défaillances mécaniques ou d'assemblage ; 1...5% présentent des fusibles à «grow back» dont les résistances changent par suite à la reformation des dendrites. L'incidence typique des trois grandes catégories de défaillance des PROM à fusible métallique est représentée à la fig. 7.

Pour tous les types de PROM à fusible métallique avec fusible correctement fondu, on trouve des valeurs de résistance $> 2 \text{ M}\Omega$. Par contre les valeurs des fusibles avec «grow back» varient entre 900Ω et 2000Ω . Elles sont donc plus grandes que pour les fusibles non-programmés dont la résistance se situe autour de 350Ω . Ces fusibles malades peuvent apparaître soit comme «ON» («0» logique) pour température élevée ou tension d'alimentation V_{cc} élevée, soit comme «OFF» («1» logique) aux basses températures ou à tension V_{cc} faible. A ces deux moyens de détection des défaillances, tous deux très bien visibles sur la caractéristique oscillographiée V_{OL}/I_{OL} , il y a un troisième à ajouter : si l'on est très près de réaliser la discontinuité voulue du fusible, la défaillance peut être observée sur l'écran d'un oscillographe cathodique à l'aide de la même caractéristique V_{OL}/I_{OL} comme un bit oscillant.

D'autre part, l'expérience montre que les bits difficilement programmables des PROM à fusible métallique (4...5 minutes sont parfois nécessaires pour les programmer!) sont précisément ceux qui conduiront aux défaillances (taux de défaillance de 2...3% et parfois même plus).

4. Défaillances typiques comparées

L'opération de vaporisation des métallisations de surface (cas des films minces NiCr ou TiW) a lieu dans un boîtier presque hermétique ; le métal vaporisé peut donc se déposer sur toutes les parois internes, en particulier sur la mémoire proprement dite, et peut être la cause de défauts à court ou à long terme. En plus, il est difficile de maîtriser parfaitement la qualité de la destruction du fusible, surtout en ce qui con-

cerne la distance qui sépare les deux extrémités du fusible détruit. Celle-ci peut être si faible, que – par suite d'une contrainte thermique ou mécanique – les deux extrémités du fusible fondu se touchent de façon intermittente ou permanente. C'est l'effet dit «grow back», donc l'effet de la reformation du fusible. Il s'explique soit par l'électromigration, soit par le phénomène de recroissance des cristaux. Cet effet est caractéristique pour les métaux et n'apparaît pas aux polysilicones.

Une migration des polysilicones ou des changements de géométrie à la suite des contraintes appliquées pendant les tests de fiabilité sont inconnus pour les PROM à fusion de films en polysilicone. On n'a pas observé jusqu'ici des fusibles partiellement fondus pour ces PROM. Normalement l'impédance de leur fusible doit être plus grande que $12 \text{ k}\Omega$ pour pouvoir être considérée comme un circuit ouvert. Mais il y arrive un autre phénomène : Afin de faire fondre les fusibles, on a besoin de courants de programmation de 20...80 mA, en fonction de la résistance du fusible et des impédances du circuit. Pendant l'opération de programmation les fusibles non-sélectionnés sont traversés par un courant pouvant aller jusqu'à 12 mA, dû aux claquages et aux trajets parasites de résistances. Il se trouve que, parfois, ce courant suffit pour couper un fusible, programmant ainsi par inadvertance un bit non-sélectionné. L'impédance de ce fusible non-sélectionné peut même augmenter ou diminuer dans le temps.

Enfin, il arrive que les densités de courant prévues pour les lignes de métallisation soient dépassées pendant la programmation ; cela conduit à des problèmes liés à la migration métallique, qui est un phénomène à long terme.

Pour les mémoires à destruction de jonction AIM, les risques mentionnés n'existent pas, la destruction de jonction se situant à l'intérieur du silicium ; si, en plus, les instructions de programmation sont respectées, on peut garantir que le court-circuit de jonction est bien réalisé. Le péril du «grow back» est totalement exclu. Mais la répartition des importants courants de la pastille demande l'utilisation de la métallisation «multiple layer», ce qui explique qu'il n'existe qu'un seul fournisseur.

5. Aspects fiabilistes des PROM à fusion de films minces

Le contrôle final doit être effectué seulement après la programmation et la vérification des bits programmés. Si ces opérations sont correctement exécutées, le dispositif aura, en principe, les mêmes types de défaillances que les ROM programmées par masquage spécial (sauf «grow back» et auto-programmation).

Il semble qu'il y ait une étroite corrélation entre la quantité d'énergie appliquée au fusible et la probabilité d'apparition du «grow back». Les fusibles qui demandent des temps de programmation longs présentent des discontinuités insignifiantes et sont plus susceptibles de conduire à des phénomènes de «grow back». Si le temps de programmation est court, ils présentent des discontinuités plus grandes et ne conduiront pas au «grow back». Si le fusible n'est pas programmé par la première impulsion de programmation, on peut répéter le procédé. Si la seconde impulsion ne réussit pas non plus, la mémoire doit être repoussée [1], car l'expérience cumulée jusqu'à ce jour prouve qu'il ne sera pas fiable.

Des informations récentes indiquent que les taux de défaillance en service ont atteint des valeurs suffisamment basses

Nombre de bits	Organisation	Moyenne du taux (%)
256	32 × 8	99
1024	256 × 4	97
2048	512 × 4	95
2048	256 × 8	92
4096	512 × 8	90
4096	1024 × 4	92
8192	1024 × 8	80

(0,5...5 · 10⁻⁶/h) pour que le «burn-in» ne soit plus nécessaire pour les *applications commerciales* (jusqu'à présent c'était obligatoire). A noter que les taux de défaillances réels sont au moins de deux ordres de grandeur meilleurs que les estimations de la norme MIL-HDBK-217 B [19]. Normalement les niveaux des défaillances de jeunesse sont similaires aux circuits MSI (*medium-scale integration*, typiquement $\leq 1\%$). La majeure partie des défaillances précoces est due aux problèmes de fuites des circuits. Pour le cas des applications à haute fiabilité, le test du fusible, le déverminage à tension élevée et le «burn-in» réduisent les défaillances précoces à moins de 1‰.

Afin de détecter les «0» marginaux, soit des bits se trouvant juste à la limite supérieure admissible des «0» logiques, il est recommandé [14] d'appliquer une tension d'alimentation $V_{cc} = 3,8 \text{ V}$ aux PROM programmées; pour détecter les «1» marginaux on recommande une tension $V_{cc} = 6 \text{ V}$.

Au point de vue de la fiabilité, il est également intéressant de constater que le taux de programmation diminue lorsque la capacité des mémoires mortes programmables augmente [19]. Cela n'est autre chose que la réflexion de la grande quantité des circuits actifs non-testés des mémoires ayant des capacités de plus en plus grandes (tableau I).

6. Quelques aspects pratiques

Technologie NiCr

Pour les PROM 1K presque tous les fabricants rapportent habituellement des taux d'utilisation⁵⁾ de 90%, mais la fiabilité et le taux d'utilisation varient d'un lot à l'autre, même si l'on utilise exactement le même procédé de programmation. Le temps nécessaire à l'établissement d'un circuit ouvert varie inversement à la grandeur du courant de l'impulsion de programmation. Les fusibles difficilement programmables peuvent devenir plus facilement programmables après avoir programmé d'autres fusibles du chip, par suite de la réduction des courants de fuites. Une montée d'impulsion de programmation trop rapide ($\ll 100 \mu\text{s}$) tend à provoquer le claquage de la jonction respective. Comme procédé optimal de programmation *Donnelly* [1] recommande l'utilisation de deux impulsions de programmation, chacune d'une durée *maximale* de 10 ms et avec un temps de montée de 50...100 μs . La seconde impulsion n'est appliquée qu'aux fusibles qui n'ont pas pu être programmés par la première. Pour des applications à haute fiabilité, il est recommandable d'utiliser le «burn-in» conformément au standard MIL-STD-883 A afin d'éliminer les défaillances dues au «grow back». A noter que l'électro-corrosion représente un des mécanismes prédominants de défaillance. Pour des applications à haute fiabilité on recommande donc l'utilisation des tests «freeze out» et «water drop» tels qu'ils sont décrits par le standard militaire américain MIL-M-38510/201.

Technologie TiW

On peut utiliser le même procédé de programmation avec deux impulsions qu'au cas du NiCr. Malgré cela, les utilisateurs ont constaté des défaillances concernant la réapparition des bits. On recommande donc l'emploi d'un test de déverminage («burn-in» pendant 160 ou 240 heures selon MIL-STD-883 A) afin d'éliminer ces défaillances précoces.

Technologie AIM

Jusqu'à ce jour les chercheurs n'ont pas pu identifier un mécanisme exact qui soit responsable du court-circuit de la jonction EB (fig. 3). Ils ont trouvé des jonctions EB marginalement programmées dont l'état changeait à haute température. Aussi est-il recommandable d'utiliser – après la programmation – des essais à haute et basse température. Le taux rapporté d'utilisation à la programmation (1K PROM) est de 90%. Pour ne pas provoquer des dégradations de la jonction CB, un contrôle optimal des impulsions de programmation est nécessaire.

Procédés de déverminage

Une mémoire morte programmable étant un microcircuit MSI ou LSI, on peut utiliser tous les procédés de déverminage propres aux MSI ou LSI. Pour la technologie NiCr, il serait désirable d'effectuer un test de stockage à haute température *après* la programmation. Les tests électriques à haute et à basse température peuvent s'avérer utiles, aussi bien que les tests de durée de vie [1].

Pour les applications à haute fiabilité *Franklin* [19] recommande les tests de déverminage selon MIL-STD-883 A comprenant des tests du fusible aussi bien que le «burn in».

Les temps de programmation longs correspondent à l'exigence d'un courant de programmation faible et reflètent un mécanisme de défaillance non-adiabatique (fig. 8). Les impulsions à flanc raide conduisent à des courants de programmation élevés respectivement à des valeurs élevées dE_p/dt et, implicitement, à une bonne fiabilité. C'est pour cela que *Franklin* [19] recommande un temps de programmation en dessous d'une milliseconde afin d'obtenir des fusions rapides.

⁵⁾ Taux d'utilisation: Proportion des PROM programmées utilisables par rapport à la totalité avant la programmation.

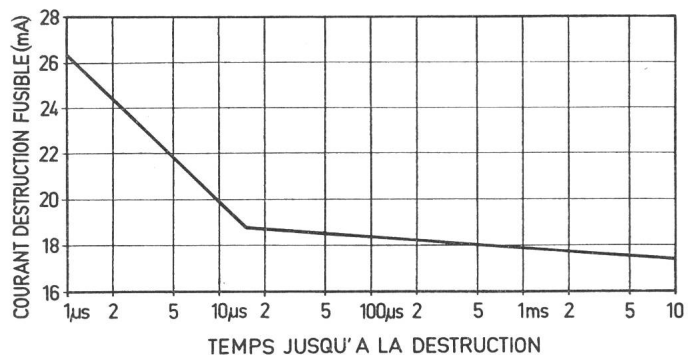


Fig. 8 La caractéristique typique d'un fusible de 300 Ω [19] $du/dt = \text{constant}$, rampe de tension de l'impulsion

Bibliographie

- [1] T.M. Donnelly a.o.: Reliability evaluation of programmable read only memories. Document AD/A-022 667. Washington, D.C., U.S. Department of Commerce, National Technical Information Service, 1976.
- [2] W. Sievers: Intersil's AIM programmable element. Intersil Technical Report. Cupertino/California, Intersil, 1976.
- [3] W.R. Brockhoff: Electrically shorted semiconductor junctions utilized as programmable read only memory elements. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 202...206.
- [4] P. Franklin and D. Burgess: Reliability aspects of nichrome fusible link PROM's. Annual Proceedings on Reliability Physics 12(1974), p. 82...86.
- [5] P.H. Eisenberg and R. Nolser: Nichrome resistors in programmable read only memory integrated circuits. Annual Proceedings on Reliability Physics 12(1974), p. 87.
- [6] E. Philofsky, G. Stickney and K.V. Ravi: Observations on the reliability of thin film nickel-chromium resistors. Annual Proceedings on Reliability Physics 8(1970), p. 191...193.
- [7] G.B. Kenney, W.K. Jones and R.E. Ogilvie: Fusing mechanism of nichrome-linked programmable read-only memory devices. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 164...172.
- [8] G.B. Kenney: The fusing mechanism of NiCr resistors in programmable read-only memory devices. Thesis of the Massachusetts Institute of Technology, Department of Materials Science and Engineering, Boston, 1975.
- [9] R.S. Mo and D.M. Gilbert: Reliability of NiCr 'fusible link' used in PROMs. Journal of the Electrochemical Society 120(1973)7, p. 1001...1003.
- [10] V.C. Kapfer and J.J. Bart: Thin film nickel-chromium resistor failures in integrated circuits. Annual Proceeding on Reliability Physics 10(1972), 175...182.
- [11] J.L. Davidson a.o.: Fusing mechanism of nichrome thin films. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 173...181.
- [12] W.E. Baitinger, N. Winograd and J.W. Amy: Nichrome resistor failures as studied by X-ray photoelectron spectroscopy (XPS or ESCA). Annual Proceedings on Reliability Physics 12(1974), p. 1...6.
- [13] T.M. Donnelly a.o.: Effects of programming variations on nichrome link PROMs. Annual Proceedings on Reliability Physics 13(1975), p. 168...173.
- [14] A.M. Marques and J. Partridge: Progress report on nichrome link PROM reliability studies. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 182...191.
- [15] Reliability characterization of the field programmable read-only memory devices. Melbourne/Florida, Harris Semiconductor, 1973.
- [16] M. Shields: Signetics PROM reliability. Sunnyvale/California, Signetics, 1975.
- [17] R.C. Smith, S.J. Rosenberg and C.R. Barrett: Reliability studies of polysilicon fusible link PROMs. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 193...197.
- [18] Programmable read-only memory reliability report II. Sunnyvale/California, Monolithic Memories Incorporated, 1974.
- [19] P. Franklin: A reliability assessment of bipolar PROMs. Annual Proceedings on Reliability Physics 14(1976), p. 207...218.

Adresse de l'auteur

Titu T. Bajenescu, QRA Engineer, Hasler S.A., Belpstrasse 23, 3000 Berne 14.

Commission Electrotechnique Internationale (CEI)

Sitzung des CE 2, Machines tournantes, vom 6. bis 8. Dezember 1977 in London

Unter dem Vorsitz von Prof. H. C. J. de Jong (NL) tagten 34 Delegierte aus 17 Ländern. Die Schweiz war durch den Berichterstatter vertreten. Die seit über vier Jahren zur Diskussion stehende neue Organisationsstruktur des CE 2 sollte nun endgültig unter Dach gebracht werden. Vorgesehen in diesem Plan war die Übergabe der vollen Verantwortung für die Erstellung der Anforderungen (Rating and performance) vom CE 2 an drei Produkt-Unterkomitees, nämlich SC 2K, Synchronmaschinen, SC 2L, Asynchronmaschinen, und SC 2M, Gleichstrommaschinen; also die Spaltung der Publ. 34-1 in drei unabhängige, produktbezogene Bereiche und entsprechende Publikationen.

In europäischen Kreisen hat diese Neuerung je länger je mehr Opposition verursacht, welche sich zum Ziel setzte, die Publikation 34-1 als Sammelstelle aller Anforderungen an die nicht weiter spezifizierten Wechselstrom- und Gleichstrommaschinen beizubehalten. Das CE 2 sollte wie bisher von Arbeitsgruppen erstellte Entwürfe über spezielle Anforderungen an spezifische Maschinentypen zu separaten Zusatzpublikationen ausarbeiten.

Nach harten Auseinandersetzungen wurde beschlossen, die bisherige Organisation beizubehalten und auf die drei Vertikal-komitees zu verzichten. Diese Entscheidung liegt auf der Linie des Gegenvorschlages, den die Schweiz mit Dokument 2(Switzerland)460 dem Dokument der GT 11 entgegengesetzt hat. Die Entscheidung ist insofern richtig, als gerade in den letzten zwei Jahren die Arbeitsgruppen Nr. 6 bis 14 sehr aktiv gearbeitet haben.

Zu lösen bleibt weiterhin die Gestaltung, d. h. Aufteilung der Normen in eine für den Bezüger der Maschinen übersichtliche und praktikable Form.

Von folgenden Arbeitsgruppen sind dem CE 2 Fragen zur Entscheidung unterbreitet worden: GT 6, Vibration, die noch in der Vorwoche in Berlin tagte, GT 7, Isolationssysteme, die unter

neuer Führung in ihre Probleme einsteigt, GT 8, die die Frage des Design N und des Design H (Anlaufcharakteristiken) durch Unterbreitung einer Lösung für die bis anhin noch offenen Schwungmomente der Last anbot, GT 12, Revision der Publ. 34-1, wobei die Vorschläge zur Revision der Tabelle 1 (zulässige Temperaturerhöhungen für indirekt luftgekühlte Maschinen) in nächster Zeit zur Diskussion (Sekretariatsdokument) unterbreitet werden, und GT 14, Geräuschlimiten, welche Vorschläge für Geräuschgrenzwerte auch für Leistungen über 400 kW, bis 6300 kW, vorbereitet hat.

Entscheidungen konnten auch bezüglich Mill Auxiliary Motors [siehe Dokument 2(United Kingdom)453] getroffen werden.

Weiter darf auch die Frage der Erhöhung der zulässigen Übertemperaturen für Maschinen kleiner Leistung, ein englischer Antrag, dank den Bemühungen der GT 12, als geregelt betrachtet werden.

Ferner wurde die Unterkommission 2J für die Evaluation und Codierung von Isolationssystemen gebildet, wobei das Sekretariatsland noch offen ist.

Die Unterkommission 2B behandelt wie bisher alle Dimensionsfragen (ausser Sicherheitsabstände) und die Leistungsreihen. Sekretariat und Vorsitz werden in nächster Zeit neu zu besetzen sein.

Eine neue Arbeitsgruppe soll die Anforderungen an die Maschinen bezüglich Stoßspannungsfestigkeit (Behandlung der Isolationskoordination im Sinne eines Fähigkeitsausweises der Maschine) aufstellen.

Um die Arbeiten in den Arbeitsgruppen besser koordinieren zu können, wurde der Termin für die nächste Sitzung des CE 2 bereits festgelegt. Sie findet in der Zeitspanne Oktober 1979 bis März 1980 statt.

R. Walser

Sitzungen des CE 13 und des SC 13B vom 9. bis 11. November 1977 in Madrid

CE 13, Mesures électriques

Unter dem Vorsitz von Ch. A. Pannier (F) versammelten sich 21 Delegierte aus 12 Ländern. Sowohl an der Traktandenliste 13(Bureau Central)222 wie aus der Zusammensetzung der Teilnehmer war deutlich zu spüren, dass vorher keine Sitzungen des SC 13A stattgefunden hatten.

Unter Traktandum 6 wurde über die vorgängigen Sitzungen der WG 4, Dimensions of panel mounted electrical indicating and recording measuring instruments, berichtet. Anschliessend war unter Traktandum 7 die Diskussion des Dokuments 13(Sec-

retariat)245, Amendments to IEC-Publication 473: Dimensions for panel mounted indicating and recording electrical measuring instruments, vorgesehen. Es wurden jedoch vorwiegend die Entschiede der WG 4 vorgelegt und begründet. So vernahm der Berichterstatter, dass die schriftlichen schweizerischen Eingaben nicht berücksichtigt werden konnten, weil diese angeblich Änderungen der Bolzendurchmesser bedingt hätten. Dieses Missverständnis muss nun auf dem Korrespondenzweg beseitigt werden. Der vorliegende Entwurf wurde nach einer Abstimmung unter die 6-Monate-Regel gestellt.

W. Luder