

(ciència)

# LA MICROELECTRÒNICA DE L'EUREKA

Guillem Camarasa

El programa de l'Eureka en el camp de la microelectrònica defineix dos projectes clarament diferenciats pel que fa als ASIC (Application Specific Integrated Circuits). Amb aquesta estratègia Europa vol posar remei a la forta dependència tecnològica actual respecte dels EUA i el Japó.

## ANTECEDENTS

Com és prou sabut, el clar avantatge tecnològic dels EUA i el Japó respecte d'Europa en el camp de la microelectrònica és una vella realitat. En aquest sentit, l'esperit de l'Eureka vol posar remei a aquesta situació de forta dependència tecnològica en què es troba tota la indústria europea i establir una estratègia de futur ben particular.

L'avenç i el canvi rapidíssim que experimenten les necessitats industrials en el terreny de l'electrònica fan que sovint les tecnologies de fabricació i disseny dels circuits electrònics esdevinguin ràpidament obsoletes. Aquest podria ser el cas dels circuits integrats estandarditzats, que ja s'estan ressentint de la creixent de-

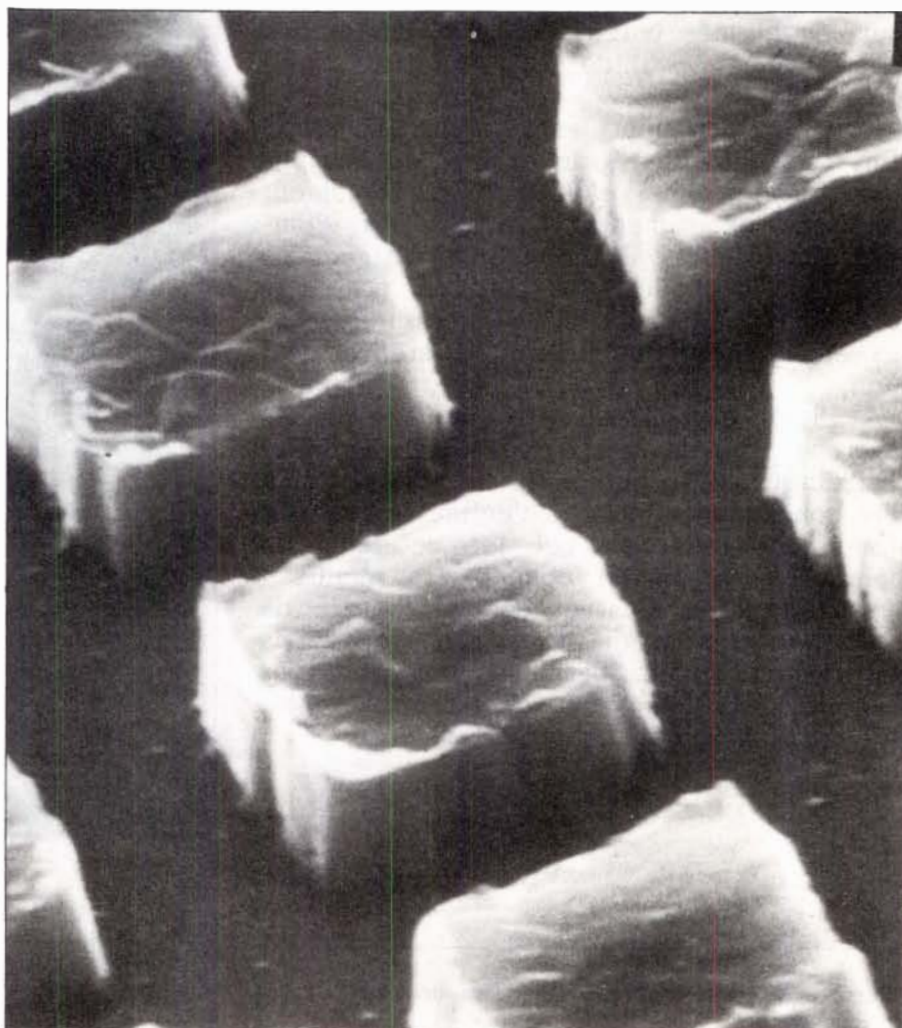
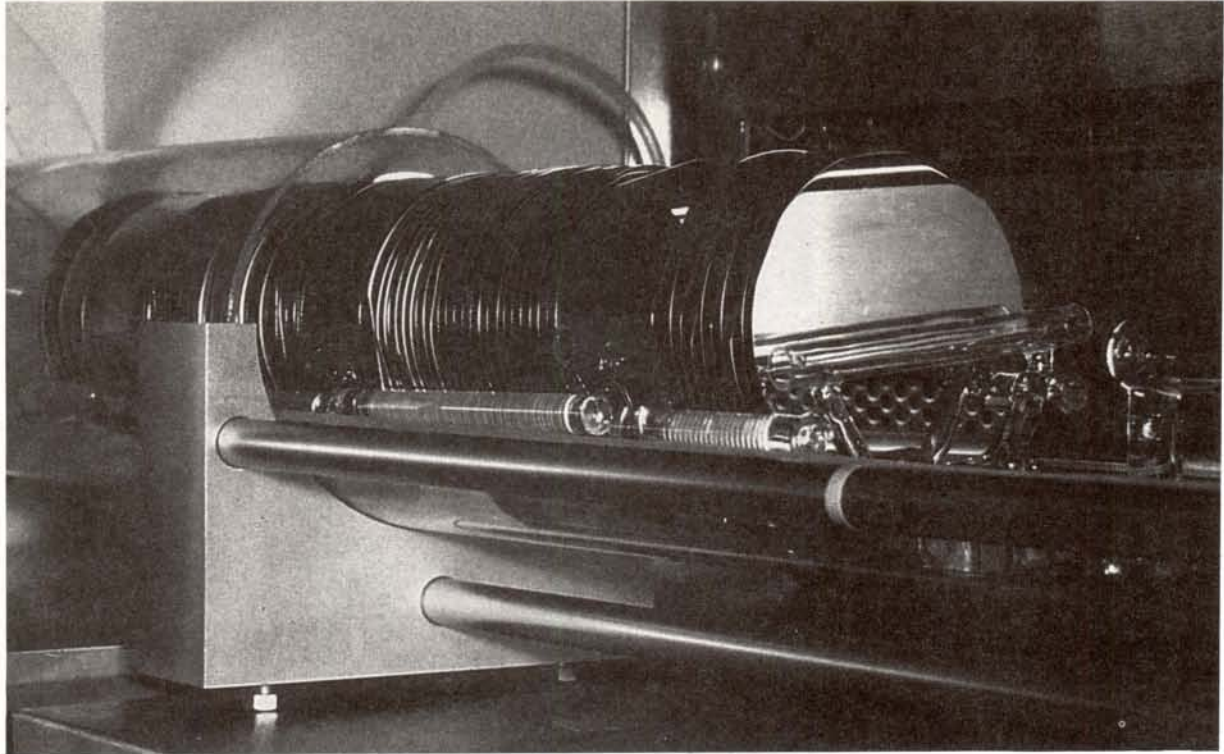


Fig. 1 - Estructures de diòxid de silici vistes al microscopi electrònic d'escandallatge (SEM).



manda de circuits electrònics "a mida" anomenats també ASIC (Application Specific Integrated Circuits).

## QUÈ ÉS UN CIRCUIT ASIC?

Aquest tipus de circuits electrònics, d'una banda, han de respondre a les especificacions ben concretes de cada fabricant i, d'altra banda, llur consum es redueix a sèries de fabricació relativament petites en comparació dels circuits de tipus estàndard (de gran consum). Aquest fet ha imposat un canvi en la mateixa filosofia de fabricació en el camp de la microelectrònica i, àdhuc, en les tècniques i les tecnologies de fabricació més o menys tradicionals o convencionals. D'altra part, una de les condicions que requereixen els circuits "a mida" és que llur temps de disseny, fabricació i verificació sigui molt més curt.

## ELS CIRCUITS A MIDA I L'EUREKA

Per donar una resposta tecnològica de fabricació a aquesta necessitat l'Eureka ha engegat dos projectes. Un d'ells, el constitueix l'associació entre Thomson (França) i l'empresa britànica General Electric Corp. (GEC) amb vista a crear un laboratori de desenvolupament de circuits integrats específics en temps relativament curts. La filosofia d'aquest projecte rau a emprar, per tal de produir circuits específics, "macrocèl.lules" que ja contenen milers de transistors que han estat prèviament realitzats en el circuit integrat i a tractar-les com blocs específics. Aquestes cèl.lules o blocs diferenciats seran connectades entre si segons un diagrama específic d'interconnexions, de manera que hom estalviarà molt temps des del punt de vista del disseny i la realització pràctica de circuits proto-

Fig. 2 - Oblies de silici durant el procés de difusió.

tipus podrà fer-se molt ràpidament. Les màscares específiques per realitzar les interconnexions seran produïdes amb tècniques de feix electrònic i les connexions sobreres seran eliminades per làser. A partir d'aquesta tècnica hom creu poder arribar a produir una oblia de silici amb el corresponent nombre de circuits a mida en un sol dia. Pel que fa al temps de lliurament dels circuits, dependrà evidentment de llur complexitat, però hom creu que s'escurçarà i esdevindrà inferior a un mes, la qual cosa constituirà una fita veritablement important si pensem que amb les tècniques convencionals de disseny i fabricació actualment en ús aquest període s'allarga a molts mesos.

La manca d'optimització de la superfície de silici emprada en aquest projecte no sembla una qüestió gaire important atès que es tracta de sèries curtes i els avantatges esmen-

tats pel que fa a la rapidesa són evidents. L'acord entre ambdues empreses electròniques preveu l'establiment d'un servei mancomanat de disseny assistit per ordinador amb el corresponent arxiu o biblioteca de "macrocèl·lules".

## EL SEGON PROJECTE TECNOLOGIC

El segon projecte de l'Eureka s'anomena **European Silicon Structure (ES2)** i compta amb la participació de set països (França, Bèlgica, Finlàndia, Gran Bretanya, Suècia, Suïssa i Àustria) i obeeix a tota una altra concepció, tot i que vol ser una resposta a les mateixes necessitats del mercat. L'objectiu d'aquesta nova societat, en la qual hi ha invertit capital exclusivament europeu, preveu furnir en temps extremament curts i a preus competitius tota mena de prototipus de circuits integrats "full custom", és a dir, circuits electrònics molt específics i concebuts segons les necessitats específiques de cada client. Els serveis que vol donar aquesta empresa van des de la formació del mateix client en la concepció i el disseny del circuit específic fins al seu ensinistrament en les tecnologies de fabricació adients a cada cas. Hom preveu, d'aquesta manera, aconseguir en menys de dues setmanes la realització, a partir de les dades del client, del disseny complet del circuit integrat, incloent-hi el corresponent programa de verificació electrònica. Els mitjans emprats preveuen la simulació de funcionament del circuit mitjançant programes específics. Pel que fa a la fabricació dels prototipus en petites sèries, les tecnologies que hom pensa emprar seran capdavanteres (feix d'electrons, implantació iònica, etc.). La data en què hom preveu que funcionarà aquesta instal·lació serà vers l'estiu de 1987 i es trobarà prop d'Ais de Provença. La capacitat de producció serà d'uns 50.000 circuits per

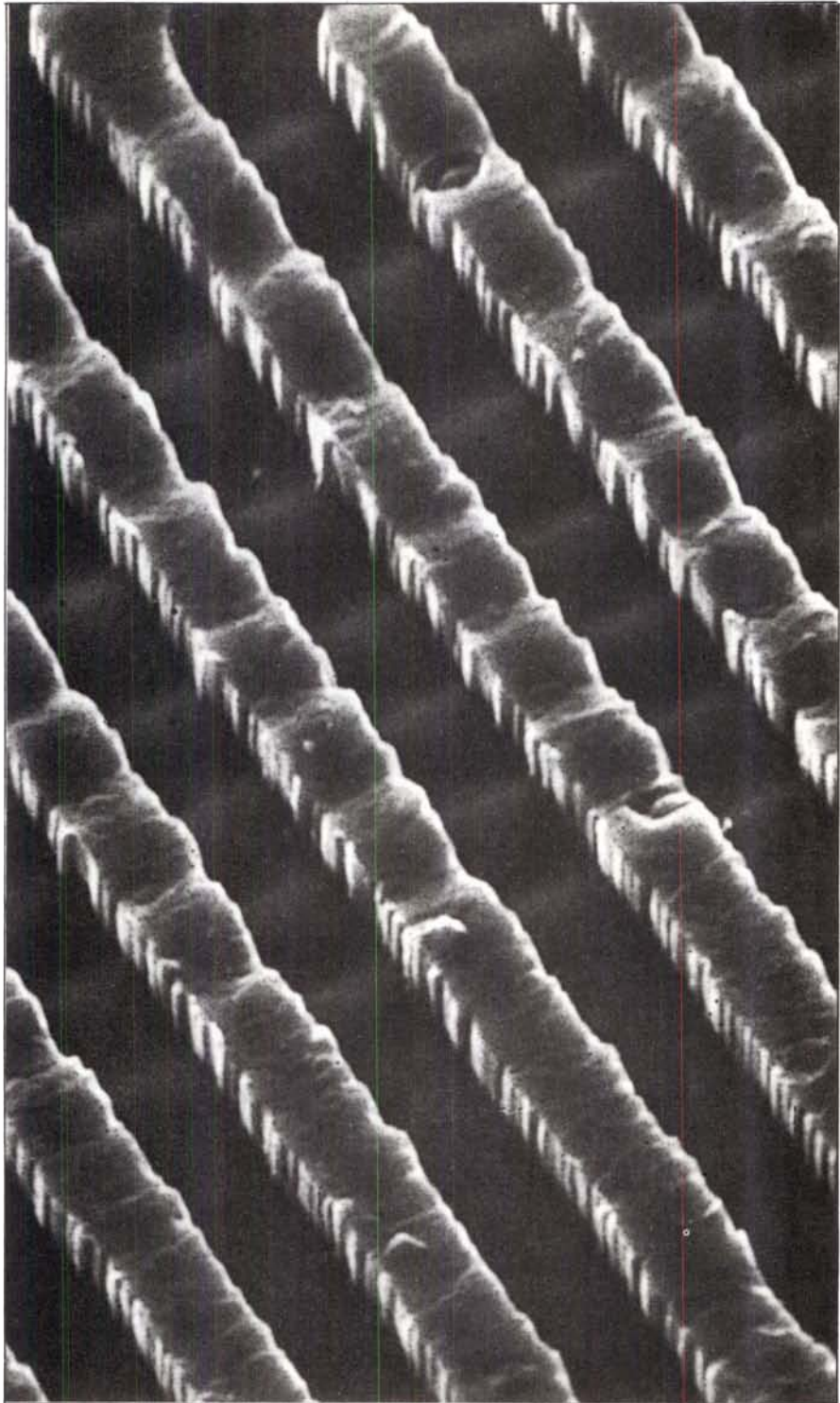


Fig. 3 - Geometries d'1,3 microns d'amplada observades amb el microscopi electrònic d'escandallatge.

cada sèrie, tot i que ja existeix un acord amb Philips que garantirà unes produccions o sèries majors de circuits en cas necessari. D'altres possibilitats que preveu el projecte ES2 són l'assistència i la col·laboració amb d'altres centres de disseny que existeixen arreu (París, Londres, Múnic). Els

usuaris potencials d'aquests serveis abracen tota mena d'aplicacions: militars, indústria aeroespacial, fabricants d'ordinadors, de béns de consum, etc. El mercat anual per a aquest tipus de components electrònics pot arribar a ésser d'uns 700 milions de dòlars d'ací a un parell d'anys.

## ASPECTES TECNOLÒGICS

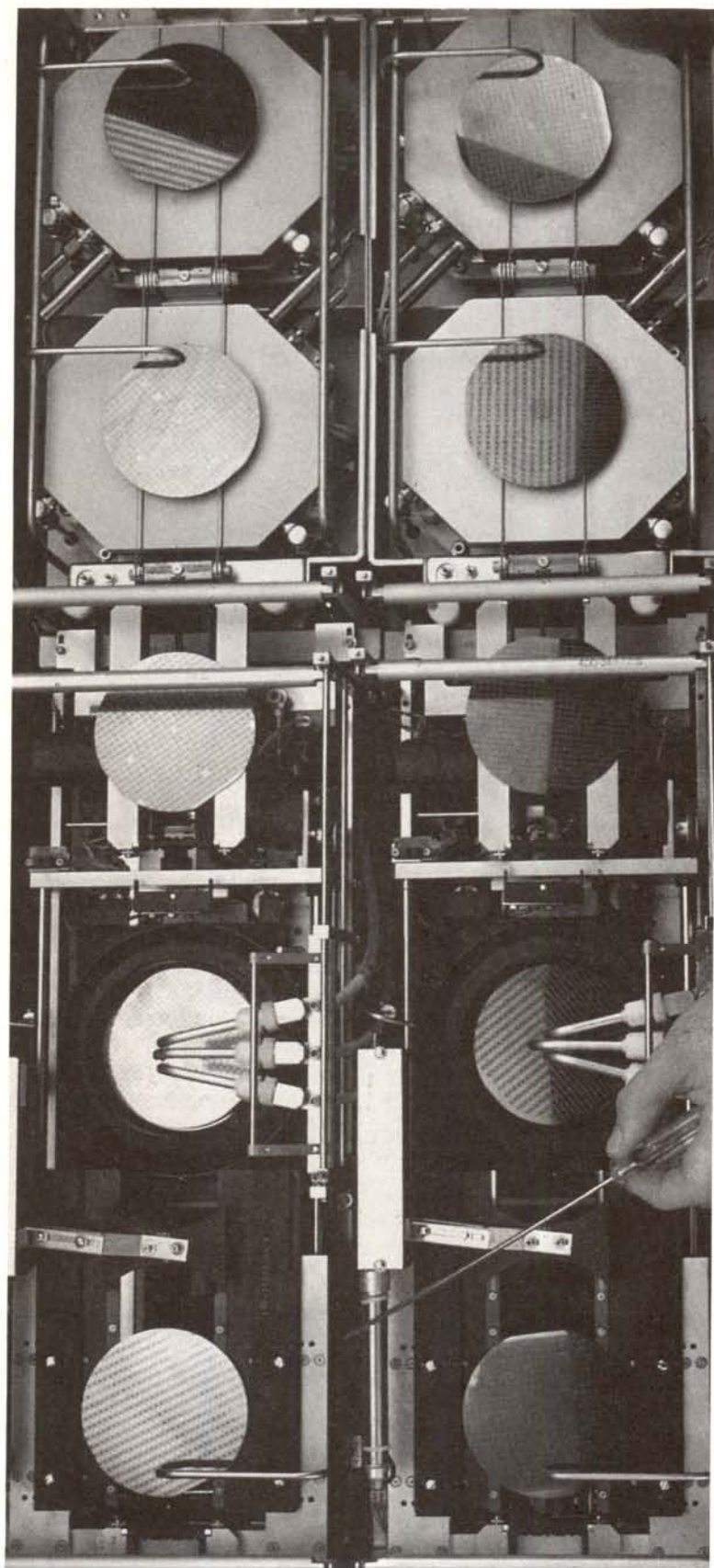


Fig. 4 - Transport automàtic de les oblies de silici durant l'aplicació de resines fotosensibles.

Les tecnologies de fabricació actuals permeten d'obtenir industrialment geometries de 2,5 microns. En aquest sentit, el següent pas vers la miniaturització preveu assolir 1,2 microns d'ací a un parell d'anys per arribar finalment a la tecnologia adient per a geometries de 0,5 microns.

D'altra part, la fiabilitat dels components electrònics fa que llur creixent complexitat esdevingui una tasca cada vegada més complexa a l'hora de verificar-los electrònicament un per un, pas que cal fer abans de comprovar llur fiabilitat per mostreig. Donat que és impossible controlar o evitar que en el procés de fabricació hom introdueixi un nombre determinat de defectes o imperfeccions, és necessari establir un programa de verificació electrònica per a cadascuna de les funcions del circuit, la qual cosa és una tasca extremament complexa, ja que per poder establir un programa de verificació adient i realitzable en temps raonablement curts cal concebre uns programes de verificació de grups de paràmetres i/o funcions, de manera que, comprovant o verificant, solament el mínim possible de funcions del circuit, aquest pugui ser considerat bo o dolent (defectuós) i, per tant, rebutjable. En aquest sentit, la complexitat és superior a la dels CI estandarditzats. El programa **Eureka** preveu un projecte per resoldre aquesta dificultat, que es basa en el desenvolupament de sistemes de verificació electrònica dels circuits **ASIC** que empraran sistemes automàtics de verificació basats en la intel·ligència artificial (vegeu sistemes experts). L'empresa francesa **Serge Dassault** i la suïssa **CSEM** són les encarregades de construir i desenvolupar aquests nous sistemes de verificació. Les tècniques que permetran assolir aquests ob-

Fig. 5 - Geometries d'1 micró d'amplada de resina damunt de graons de polisilici.

jectius són, pel que fa a la verificació sense contactes, conegudes avui a nivell de laboratori (la microscòpia electrònica de contrast en sòlids...).

L'augment de la integració (VHIS) genera tanmateix limitacions i nous problemes de caire tecnològic. Així, en passar a produir memòries d'un megabit a alguns megabits, les dimensions en volum i superfície no serveixen la mateixa proporcionalitat (una memòria d'un megabit, per exemple, ocupa una superfície de silici de 60 mm<sup>2</sup> aproximadament i les de 16 megabits hauran de tenir una superfície semblant).

## PROBLEMES TECNOLÒGICS (EL SILICI)

Com és sabut, el silici monocristal·lí ha estat el material semiconductor gràcies al qual ha estat possible l'espectacular avenç de la microelectrònica a partir dels anys 60. Tanmateix, les exigències imposades als futurs components electrònics (l'augment progressiu de la densitat d'integració, la disminució del temps de commutació, etc.) impliquen

que la tecnologia del silici assoleixi els seus propis límits. Per aquesta raó, d'altres materials estan actualment en estudi per poder ser emprats en aplicacions específiques en substitució del silici monocristal·lí, entre d'altres l'arseniür de gal·li. Amb aquest material han estat fabricats un bon nombre de components electrònics. Pel fet de tractar-se d'un semicon-

ductor d'estructura electrònica diferent del silici, aquest material presenta propietats diferenciades en la resistivitat, la freqüència de transició, la fotoconductivitat, etc. Les aplicacions en què aquest material presenta un gran interès són l'optoelectrònica (díodes electroluminiscents, díodes làser), les hiperfreqüències (fins a 100 GHz), entre d'altres.

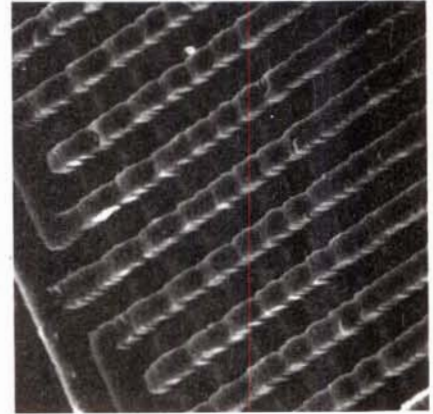
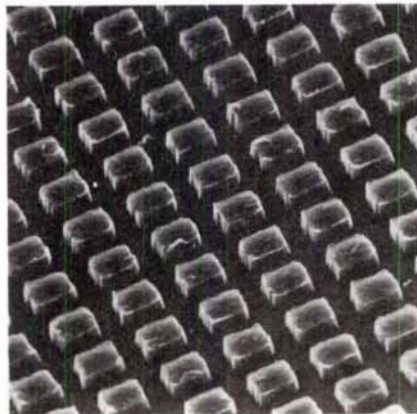
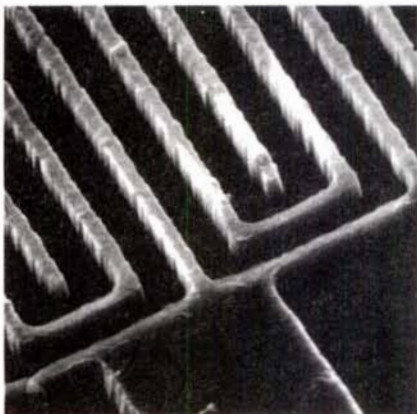
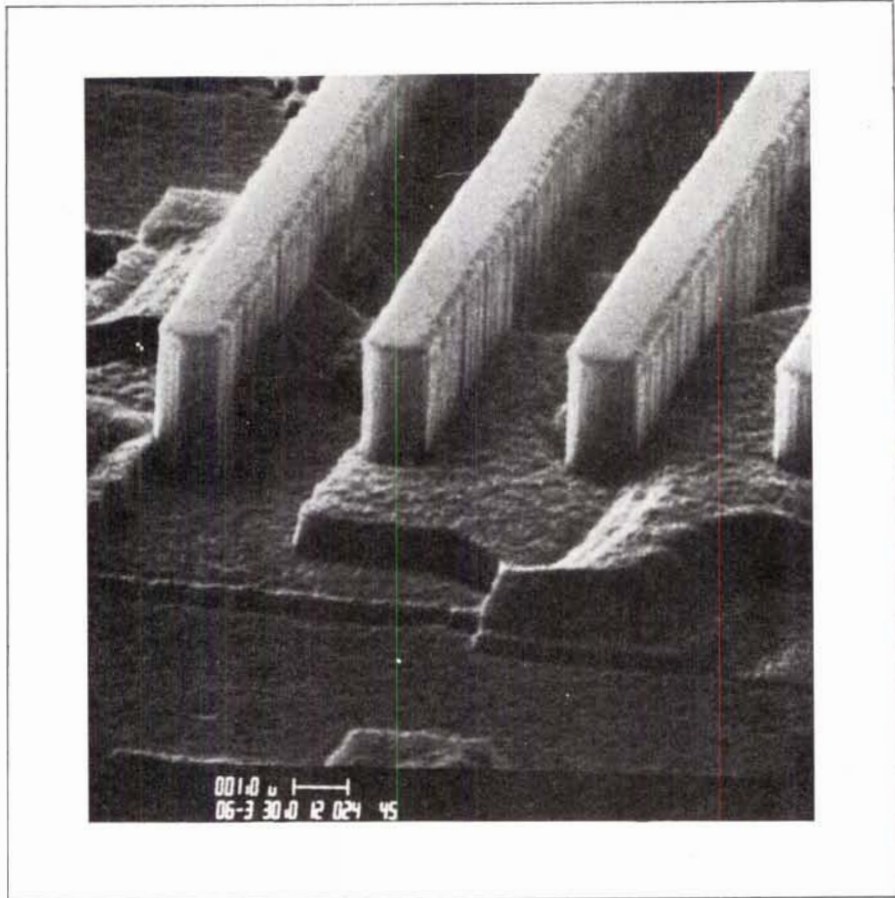


Fig. 6 - Diferents geometries d'1 micró i inferiors obtingudes amb el microscopi electrònic d'escandallatge.

De tota manera, hom no preveu que l'arseniür de gal.li arribi a desplaçar mai el silici atès que, d'una part, és un material rar i, de l'altra, la seva tecnologia presenta serioses dificultats comparant-la amb la d'aquest.

## LA TECNOLOGIA DE L'ARSENIÜR DE GAL.LI

Nogensmenys, el domini d'aquesta tecnologia -l'AsGa és un material d'interès tecnològic innegable- constitueix un dels programes de l'Eureka, fonamentat en l'acord entre la firma Thomson (França) i la GEC (Gran Bretanya), que preveu la recerca i el desenvolupament en comú de les tecnologies de fabricació per a un bon nombre de components electrònics realitzats emprant l'arseniür de gal.li com a material semiconductor.

## ELS COMPONENTS ELECTRÒNICS CONVENCIONALS

Pel que fa als components electrònics convencionals, l'Eureka preveu també una estratègia concreta. Així, en el camp dels components de potència com els tiristors, la cooperació entre Thomson i Marconi Electronic és un fet pel que fa als tiristors GTO (Gate Turn-off-Thyristor), que treballen a baixa freqüència i amb corrents elèctrics d'alta intensitat i alt voltatge (2.000 A i 1.500-4.000 V). La principal aplicació dels tiristors de potència és el control de la velocitat d'un motor elèctric mitjançant el voltatge i amb temps de commutació d'un milionèsim de segon. L'interès en aquests components rau en llur aplicació en el control dels motors elèctrics dels trens, que avui necessiten emprar per realitzar aquesta mateixa funció un gran nombre de tiristors (200-300).

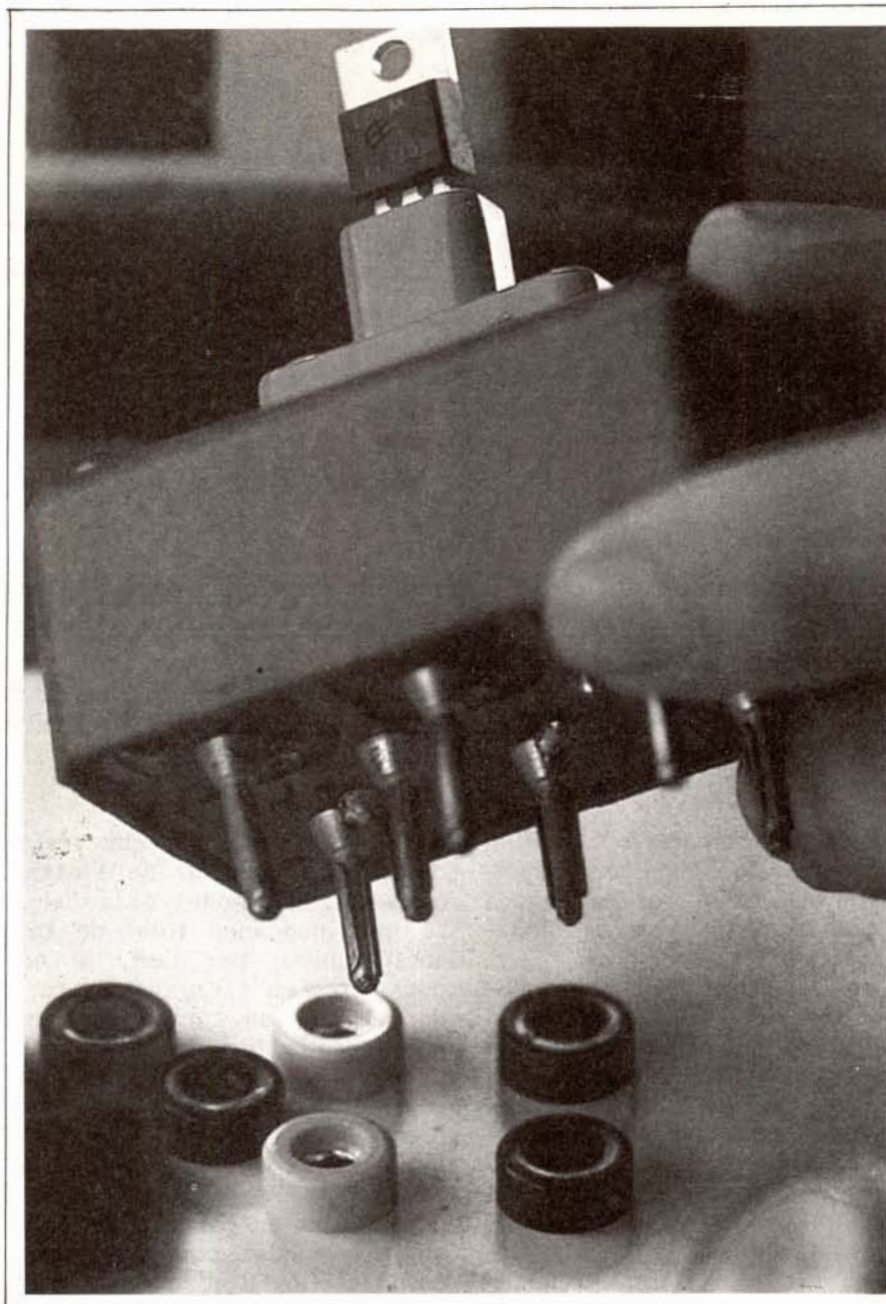


Fig. 7 - Els components discrets formen part també dels programes de l'Eureka.

## NOUS MATERIALS D'INTERÈS

Deixant de banda el desenvolupament tecnològic amb l'arseniür de gal.li, un nou material com el silici amorf esdevé un candidat potencial d'interès tecnològic per a la microelectrònica. Aquest material, que fou inicialment objecte de recerca com a substitut del silici monocristallí en aplicacions solars (fabricació de cèl.lules solars fotovoltaïques),

presenta propietats força interessants en d'altres aplicacions. Aquest material és un excel·lent semiconductor en forma hidrogenada i forma part del projecte Eureka, amb l'associació de l'empresa Solems (França) i Messerschmidt Bolkow (RFA). La resposta espectral del silici amorf respecte de la llum (gairebé idèntica a la de l'ull de l'home) li atorga un interès especial com a sensor lumínic en nombroses aplicacions.