

Performanțe tehnologice la fabricarea circuitelor integrate

Technologia electronică modernă se află în faza producerii circuitelor integrate pe scară foarte largă, VLSI-Very Large Scale Integration. Acestea se folosesc la realizarea sistemelor logice complexe și sunt considerate sisteme microelectronice, deoarece conțin un număr foarte mare de elemente pe cip. Creșterea numărului de componente este cerută de mărirea complexității sistemelor numerice pe cipuri de dimensiuni medii, care necesită un grad foarte mare de integrare, ce se realizează prin creșterea fineții liniilor de circuit și micșorarea spațiilor dintre ele. Micșorarea, până la limita posibilă, a dimensiunilor microcomponentelor unui circuit integrat, are ca scop creșterea fiabilității circuitelor și a vitezei de transmitere și procesare a semnalelor în circuit. Mărirea acestei viteze micșorează timpul de propagare a semnalelor electrice prin componente, dar mai ales prin legăturile dintre componente, condiție obligatorie pentru realizarea calculatoarelor electronice de mare viteză, care execută sute de milioane și chiar miliarde de operații pe secundă. Acestea sunt folosite în sistemele de ghidare a rachetelor, în studiul proceselor rapide din fizica nucleară, astronomie etc.

Liniile folosite în circuitele VLSI au dimensiuni egale sau mai mici decât un micron, fapt care a permis mărirea densității elementelor de peste 10 ori și a vitezei de lucru de 4-5 ori la aceeași putere disipată. Pentru atingerea dimensiunilor submicronice se folosește, cel mai frecvent, principiul reducerii la scară a dimensiunilor din integrarea pe scară largă (LSI). Conform acestui principiu, întârzierea dată de circuitele descrește cu creșterea fineții liniei, datorită reducerii capacității, iar puterea disipată descrește cu pătratul fineții liniei, deoarece se reduc intensitatea și tensiunea curenților.

Creșterea densității componentelor pe cip și a funcțiilor cipurilor se poate realiza prin integrarea pe verticală, obținându-se circuite integrate tridimensionale.

În tehnologia planară a circuitelor VLSI se folosesc cel mult două straturi active suprapuse. În integrarea tridimensională a acestor circuite se folosesc mai mult de trei straturi active semiconductoare suprapuse și interconectate prin ferestre realizate în straturile izolatoare (figura 1). Cu cât numărul straturilor active semiconductoare suprapuse crește, cu atât se mărește gradul de integrare a circuitelor.

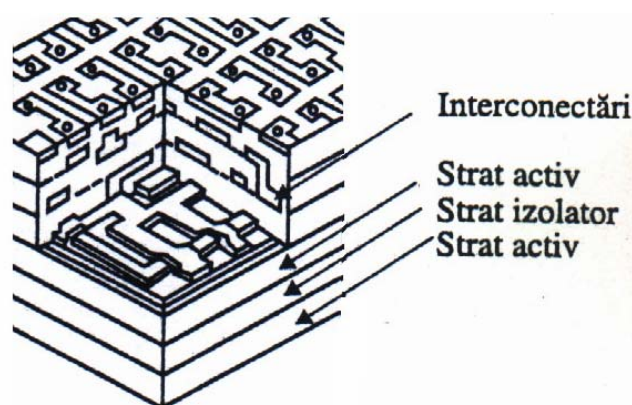


Figura 1

Circuitele integrate tridimensionale prezintă o serie de avantaje, dintre care menționăm: densitate mare de împachetare, viteză foarte mare de operare, prelucrare paralelă a datelor și operații multifuncționale.

Tehnologia circuitelor integrate tridimensionale (3D-IC) are de rezolvat două probleme: *izolarea*, între ele, a straturilor active semiconductoare și *realizarea elementelor active* în straturile de polisiliciu, transformate local în regiuni monocristaline.

Izolarea straturilor active semiconductoare între ele se obține cu ajutorul straturilor de SiO_2 , crescute pe suprafața plachetei-suport sau depuse peste celelalte straturi de siliciu. Pe straturile izolatoare de SiO_2 trebuie depuse straturi monocristaline de siliciu, care reprezintă straturi active. Acest proces nu se poate realiza decât în condiții speciale, obținându-se, cel mai adesea, straturi policristaline de siliciu. Ca urmare, s-au elaborat și dezvoltat metode de realizare a dispozitivelor și circuitelor integrate în tehnologiile SOI (Silicon On Izolator) și SOS (Silicon On Sapphire), care stau la baza circuitelor integrate tridimensionale. Straturile active semiconductoare și cele izolatoare alternează (figura 1). Pe suportul activ monocristalin (placheta de siliciu) și în fiecare din straturile de polisiliciu depuse pe straturile izolatoare, se realizează elementele active și pasive ale circuitului. Interconexiunile între regiunile active traversează straturile izolatoare prin ferestre adecvate și metalizare corespunzătoare.

Management

Elementele active se realizează în straturile de polisiliciu prin transformarea locală a acestora în regiuni monocristaline, folosind recristalizarea cu ajutorul fasciculelor laser, fasciculelor de electroni sau cu radiații infraroșii. Pentru ca temperatura plachetei-suport să nu crească în timpul recristalizării anumitor regiuni din stratul activ policristalin de siliciu, se folosesc fascicule laser sau de electroni, cu diametrul mai mic sau cel mult egal cu $100\ \mu\text{m}$, care baleiază placheta. Timpul în care polisiliciul este topit local este de câteva milisecunde, ceea ce face ca temperatura medie a întregului ansamblu să rămână scăzută, condiție importantă la realizarea circuitelor integrate.

Creșterea densității de componente ale circuitelor integrate 3D cere micșorarea puterii consumate, deci și a puterii de disipare a căldurii. Aceasta se realizează prin micșorarea tensiunii de alimentare de la $+5\ \text{V}$ la $+3,3\ \text{V}$.

Circuitele integrate tridimensionale permit integrarea mai multor funcții într-un singur cip 3D. Fiecare strat activ poate avea propriile sale funcții, realizate prin procedee tehnologice care pot diferi de la strat la strat (tehnologie bipolară, metal-oxid-semiconductor etc.). Datorită integrării pe verticală, integrare care micșorează capacitățile și lungimea liniilor de transmisie, aceste circuite au viteze foarte mari de procesare. Capacitățile parazitare sunt mici, deoarece elementele active sunt obținute pe izolator.

Conceptul de integrare tridimensională este bine ilustrat de schema-bloc a unei memorii statice, realizată cu două straturi active semiconductoare, prezentată în figura 2, unde R/W-rezistență/putere; CE-circuit exterior; D_{in} - date de intrare; D_{ies} - date de ieșire.

Stratul inferior, reprezentat de placheta de siliciu, conține aria de celule de memorie, iar stratul superior, format dintr-un strat de polisiliciu, conține circuitele periferice, cum sunt circuitele de intrare/ieșire, decodificatoarele și amplificatorul de sens. Cele două straturi active sunt interconectate electric prin canale cu diametrul de circa $2\ \mu\text{m}$, care străbat stratul izolator.

Dezvoltarea rapidă a circuitelor integrate tridimensionale este legată de perfecționarea proiectării asistate de calculator și a tehnologiilor de depunere a straturilor subțiri și recristalizare locală, de micșorarea numărului de încrucișări ale legăturilor de interconectare, de planeitatea straturilor depuse succesiv și de tehnologiile

de creare a dispozitivelor active și pasive cu diferite funcții în straturile active.

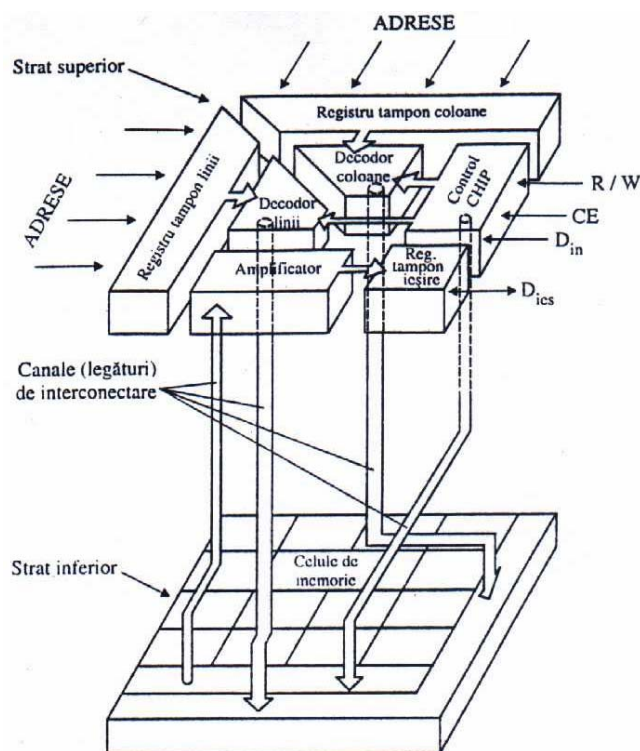


Figura 2

Prof. univ. dr. ing. Georgeta CUCULEANU

Bibliografie

1. SPÂNULESCU, I. *Circuite integrate digitale și sisteme cu microprocesare*, București, Editura Victor, 1996
2. SPÂNULESCU, I. *Dispozitive semiconductoare și circuite integrate analogice*, București, Editura Victor, 1998