

# MIKROELEKTRONIKA ÉS MIKRORENSZEREK

*Doktori szigorlati tematika*

Készítette: Dr. Székely Vladimír egyetemi tanár  
dr. Illyefalvi-Vitéz Zsolt egyetemi docens

A mikroelektronika kialakulása és szerepe az elektronika fejlődésében. Fejlődési trendek, új anyagok és technológiák. Az integrált mikrorendszerek fogalma, az irányzat kialakulása.

A monolitikus mikroelektronikában használatos technológiák áttekintése, kitérve mind a korszerű tömeggyártás eljárásaira, a pillanatnyi csúcstechnológiákra, mind a laboratóriumi szinten elérhető, s a jövő szempontjából perspektivikus technológiákra.

Alkatrészek (tranzisztor, ellenállás, kondenzátor, stb.) megvalósítása a bipoláris és a MOS technológiákban. Jellemzőik, elektromos kvalitásaik az alkalmazott technológia függvényében. Technológia és eszközkonstrukció összefüggései. Az eszközök modellezésének kérdései. A szubmikronos eszközök megvalósítása által felvetett új problémák.

Az integrált mikrorendszerek (MEMS) előállításának fontosabb módszerei. Frontoldali és hátoldali megmunkálás. Szelektív marás, feláldozandó rétegek. Az IC gyártással kompatibilis módszerek. A LIGA eljárás.

VLSI integrált áramkörök konstrukciós kérdései. Alapcellák és makrocellák, hierarchikus konstrukció. Tervezési szabályok. A standard cellák tervezése. Tápellátás a chipen, vezetékezési területek, floorplanning, kivezető áramkörök.

VLSI digitális áramkörök tervezési metodikája. Top-down és bottom-up tervezés. A leírás szintjei: specifikáció, hardware leírás, struktúrális leírás (logikai és alkatrész szinten), layout leírás. A vezérlési- és adatstruktúra különválasztása. Párhuzamos feldolgozás, pipeline működés. Silicon compiler-ek, IC CAD rendszerek. Szimulációs és ellenőrző programok. Tesztelhetőségre tervezés és megvalósításai. Boundary scan.

Az integrált áramkörök tesztelési problémái. Számítógépes teszt generálás a konstrukcióval egyidőben. Számítógép vezérelt mérőautomaták. Speciális laboratóriumi eszközök az elektromos tesztelés céljára (pl. elektronsugaras teszter, mikrohullámú szeletmérő). Megbízhatósági kérdések.

Néhány speciális áramkör fajta sajátos kiviteli vonásai és tervezési metodikája. A memória áramkörök. Az ASIC áramkörök és a programozható logikai eszközök.

A szub-negyedmikronos korszak által felvetett új problémák. Disszipáció csökkentés a jelváltás-szám redukálásával. Tápfeszültség csökkentés. Adiabatus logika. A sokrétegű vezetékezés késleltetési és csatolási problémái.

Nagyfrekvenciás áramkörök megvalósítása IC-ben. Vegyületfélvezető alapanyagú integrált áramkörök. Mikrohullámú IC-k.

Analóg és analóg-digitális áramkörök tervezése. Az analóg áramkörök problémái. Hőmérsékleti és termikus csatolási hatások, paraziták, toleranciák. Az A/D és D/A átalakítók monolitikus megvalósításai. Analóg és digitális részeket is tartalmazó IC-k speciális problémái: tápfeszültség szétválasztás, stb.

Az integrált mikrorendszerek jellegzetes szerkezeti elemei. A mikro-elektromechanikai rendszerek membrán, és kantilever struktúrái. Mechanikai, termikus jellemzőik számítása. Az elektrosztatikus mozgás, elmozduló és forgó mikroelemek.

Optikai-elektromos integrált áramkörök. Integrált optikai elemek: optikai hullámvezetők, lézerek, fotodiódák, iránycsatolók. Mikromechanikai mozgató optikai elemek: billenő mikrotükör.

Szenzorok és aktuátorok megvalósítása mikromechanikai eszközökkel. Mozgásnyomás-áramlás-hőmérséklet- stb. szenzorok. Aktuátorok elektrosztatikus illetve termikus elven.

Elektromos, mechanikai, optikai elemeket tartalmazó komplex mikrorendszerek, ezek tervezési, megvalósítási, tesztelési kérdései. A tervezés gépi eszközei: csatolt szimulátorok.

Áramköri modulok. A furat-, illetve felületszerelt nyomtatott huzalozású, a hibrid és a multichip modul konstrukciójú áramköri modulok technológiája.

Az áramköri modulok összekötési technológiái. Nyomtatott huzalozású lemezek, vastag- és vékonyréteg huzalozások. Nagysűrűségű, többréteges összekötési technikák. Néhány jellegzetes high-tec összekötési technika a következő rendszerezésben: együtt kiégetett kerámia hordozók (Cofired Ceramic Substrates), vékonyréteg hordozók, laminált hordozók, laminált hordozóra felvitt vékonyréteg huzalozások, hajlékony áramköri hordozók. A multichip modulokban alkalmazható hordozók fajtái.

Áramköri modulokban alkalmazott alkatrészek konstrukciója, tokozása és bekötési módjai. Huzal-, illetve szalagkivezetéses alkatrészek. Kis kerületű (SO - Small Outline) integrált áramkörök, flat-pack és chip carrier tokozási módok. Az alkatrész teljes felületére szétszított kivezetési rendszerek: PGA-k (Pin Grid Array-k) és BGA-k (Ball Grid Array), valamint ezek legfejlettebb változatai: mikroBGA-k, CSP-k (Chip Scale Package-k), flip-chipek. Tokozatlan chipek. Tokozott alkatrészek és chipek beültetési és bekötési technológiái.

Áramköri modulok termikus problémái. A melegedés számítása. Hűtési megoldások, belső, illetve külső hűtési rendszerek. Hőelvonás hővezetéssel, konvekcióval, forszírozott konvekcióval, párologtatással, heat-pipe alkalmazásával, Peltier-hatással, stb.

Áramköri modulok számítógépes tervezése és dokumentáció készítése. Tervezőrendszerek. A tervezés és gyártás automatizálása. Áramköri modulok megbízhatósága, az élettartam becslési módszerei, hibakeresés, hibaanalízis. Minőségbiztosítási rendszerek, a minőségbiztosítás szerepe a tervezésben, a gyártásban és az ellenőrzésben.

## **Irodalom:**

Introduction to nMOS and CMOS VLSI Systems Design, Amar Mukherjee, Prentice-Hall, 1986

Basic VLSI Design Systems and Circuits, D.A. Puckwell & K. Esraghian, Prentice-Hall, 1988

Analog VLSI Design, M.R. Haskard, I.C. May, Prentice-Hall 1988

CMOS Analog Circuit Design, P.E. Allen, D.R. Holberg, Oxford University Press, 1987

Grundlagen der Halbleiter- & Mikroelektronik, Band 2: Integrierte Schaltkreise, A. Möschwitzer, Carl Hanser Verlag, 1992

Microsensors, J.W. Gardner, John Wiley & Sons, 1994

Mikromechanik, A. Heuberger (Hrsg), Springer Verlag, 1991

Silicon sensors and circuits: on-chip compatibility, Ed. R.F. Wolfenbuttel, Chapman & Hall, 1996

Mikroelektronika és Elektronikai Technológia, Szerk. Dr. Mojzes I. Műszaki Könyvkiadó, 1995

Vastagréteg integrált áramkörök, szerk. dr. Ripka G. Műszaki Könyvkiadó, 1985

Microelectronics Packaging Handbook, R.R. Tummala & E.J. Rymaszewski, Van Nostrand Reinhold, 1989

Multichip Modules and Related Technologies, G.L. Ginsberg & D.P. Schnorr, McGraw-Hill, 1997

A Scientific Guide to Surface Mount Technology, C. Lea, Electrochemical Publications Ltd. Ayr. 1988