

MIKROELEKTRONIKAI TECHNOLÓGIA ÉS NANOTECHNIKA

Doktori szigorlati tárgy

Készítette: Dr. Illyefalvi-Vitéz Zsolt egyetemi docens
Dr. Harsányi Gábor egyetemi docens
Dr. Mizsei János egyetemi docens

A mikroelektronikai technológiák fejlődése és eredményei, a technológia alapvető fontossága és szerepe a bonyolult rendszerek megvalósításában. A mikroelektronikai technológiai eljárások rendszerezése, fizikai és kémiai alapjainak áttekintése.

Vékonyréteg technológia. Vákuum előállítása és mérése. Vákuumban létrehozható villamos jelenségek és alkalmazásuk. Az anyagok gőzfázisba vitelének módjai: párologtatás, porlasztás. Anyagtranszport folyamatok vákuumban. Vékonyréteg kialakulásának feltételei, a rétegnövekedés mechanizmusa, a rétegszerkezet kialakulása. Vékonyrétegek előállítása gázfázisból. Különböző kristályszerkezetű rétegek, epitaxia. A vékonyréteg-struktúra hatása a fizikai és kémiai tulajdonságokra, az elektromos vezetés mechanizmusa. Vezetési mechanizmus szupervékony fémrétegekben. Vékonyréteg dielektrikumok. Optikai vékonyrétegek: vékonyrétegek optikai viselkedése és optikai alkalmazásai.

Vastagréteg technológia. Kerámiai- és műanyag-alapú vastagrétegek. A vezetési mechanizmus modellje, nyúlásérzékenység, hőmérsékletfüggés. Szupravezető vastagrétegek. Vastagréteg érzékelők.

Sugártechnológiai eljárások. A részecske- (szemcse-, ion-, elektron-) és az energia- (fény-, lézer-, röntgen-) sugarak előállítása, pozicionálása, mozgatása. A lézerek fajtái és alkalmazásai. A mikroelektronikában alkalmazott lézerrendszerek felépítése, működése. A sugárzás és az anyag kölcsönhatása: mechanikai, pirolitikus és fotolitikus effektuson alapuló eljárások. A sugártechnológiai eljárások mikroelektronikai, gépészeti és biológiai alkalmazásai.

A mikroelektronikai technológiák alkalmazása mechanikai, optikai és kémiai tulajdonságok kialakítására (optikai jeltárolás, ionsugaras felületmódosítás, mikroalkatrészek szilíciumból, mechatronika).

Fizikai, kémiai és biológiai jelenségek ill. paraméterek érzékelésére alkalmas struktúrák, azok működési elvei és előállítási technológiái. Az érzékelők fogalma, felosztása, jellemzői, intelligens és integrált érzékelők, újszerű követelmények. Speciális anyagtipusok és technológiák (a szilícium anizotróp maratása, a felületi mikromegmunkálás, kerámiák, szerves és polimer rétegek leválasztása). Eszközstruktúrák az érzékelőkben: impedancia szerkezetek, félvezető eszközök, elektrokémiai cellák, kalorimetrikus, rezonátor és száloptikai típusok. A jelátalakításra alkalmas alapjelenségek: a hőmérséklet hatásai: termoezisztív és termoelektromos, piroelektromos effektus; a mechanikai feszültség és deformáció hatásai: piezoelektromos, piezoezisztív effektus, kapacitásváltozás, elektrettek; a mágneses tér hatásai: töltéscserélés Hall-efektus, magnetorezisztív effektus, hatás a szupravezetésre; sugárzások hatásai: termikus és kvantum effektusok. A kémiai jelátalakítás molekuláris kölcsönhatásai: adszorpció, abszorpció, ioncserélődés, a kémiai optikai jelátalakítás lehetőségei, bioérzékelők alapjai. Gyakorlati példák bemutatása. Szilícium alapú erő-, nyomás- és gyorsulásérzékelők, a hőfokkompenzálás kérdései. Mikro-elektro-mechanikai eszközök, mikroaktuátorok. Érzékelők speciális alkalmazásokban: érzékelők a gépjármű elektronikában, a biztonság-technikában, akusztikus érzékelők. Érzékelők orvosi biológiai alkalmazásai, a bioérzékelők működésének alapjai.

A mikroelektronikai félvezető eszközök kihozatalát és megbízhatóságát befolyásoló tényezők, a kihozatal előre becslése. A technológiai folyamatok során az anyagstruktúrában indukálódó hibák, degradáció és ezek kiküszöbölése. Az egyes technológiai folyamatok tárgyalása és értékelése: félvezető alapanyagok előállítása és minősítése; oxidáció, a SiO₂ szerepe a félvezető technológiában; kémiai gőzfázisú rétegleválasztás (CVD); ionimplantáció; réteg-megmunkálási eljárások; szilárdtest diffúzió és alkalmazása a félvezető technológiában; litográfiai eljárások; vizsgálati módszerek, technológiai ellenőrző mérések a félvezető technológiában. A miniatürizálás elvi, technológiai, mérés-technikai, megbízhatósági és kihozatali korlátai.

Mikroelektronikai eszközök és technológiai eljárások megbízhatósága. Megbízhatósági alapfogalmak, jellegzetes eloszlások. Intrinsic és extrinsic megbízhatóság. A terhelés-ellenállóképesség modell. A hiba, a meghibásodás fogalma. A meghibásodás fajtái, módja, oka, és mechanizmusai. Hibavizsgálati módszerek, a meghibásodási okok feltárása, hibamódok és hatásuk vizsgálata. A mikroelektronikai gyártás egyes technológiai folyamatainak hatása a termék megbízhatóságára. A kristálynövesztés, réteg-előállítás és az adalékolás során felmerülő megbízhatósági kérdések. A litográfia jellegzetes hibái. Fémmezések meghibásodásai a mikroelektronikában. Nagy megbízhatóságú fémmezések tervezési szabályai. Mikroáramkörök tokozási lehetőségei, a tokozás során fellépő meghibásodási folyamatok.

Nanotechnológiák. A nanoméretű technológiák helye és szerepe a csúcstechnológiák között. Nanoméretű struktúrák előállítása: porok és más szemcseszerkezetek; vékonyréteg szerkezetek. Nanométeres eszközök: mechanikai; elektromechanikai; elektronikus; optikai; és mágneses eszközök. Mérés-technika és eszközei: nanométeres felbontású topológia (STA, AFM, stb.); lokális spektroszkópia. Technológia nanométeres felbontással: lokális fizikai műveletek; lokális kémiai műveletek. Kuriozitások: kvantum laboratórium, kvantum komputer, stb.

Ajánlott, összefoglaló jellegű irodalom:

- I.Brodie; J.J.Murray: *The Physics of Microfabrication*, Plenum Press, New York, London, 1982
J.Wilson; J.F.B.Hawkes: *Lasers: Principles and applications*, Prentice Hall, London, 1987
C.Lea: *A Scientific Guide to Surface Mount Technology*, Electrochemical Publications, Ayr, 1988
S.M.Sze: *VLSI Technology*, McGraw-Hill, 1983
I.Minkoff: *Materials Processes*, Springer-Verlag, Berlin, 1992
G.Harsányi: *Polymer Films in Sensor Applications*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995
A.Christou: *Integrating Reliability into Microelectronics Manufacturing*, J.Wiley & Sons, 1994.
F.Jensen: *Electronic Component Reliability*, J.Wiley & Sons, 1995.