

Félvezető szeletek mérési adatainak számítógépes feldolgozása

BOZSIK KÁROLY — SVÁB PÉTER

Mikroelektronikai Vállalat



ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk első részében az integrált áramkörök fejlesztési és gyártási folyamatát vizsgálja a mérés szempontjából. Rávilágít a szeletmérés jelentőségére az önköltség csökkentésében és a fejlesztési folyamat lerövidítésében. Ismertetésre kerül egy szeletmérő rendszer, majd annak alkalmazása egy példán keresztül.

Korunk gyors műszaki fejlődésének alapvető feltétele a mikroelektronikai technológia létrejötte és robbanásszerű térhódítása, amely szoros kapcsolatban áll a mérés-technika fejlődésével.

Talán legélesebben a két terület egymásra utaltsága az integrált áramköröket gyártó vállalatoknál jelentkezik, ahol az alacsony ár — tehát a versenyképesség — elérése a gyártásközi mérések automatizálását és a mérési adatok számítógépes feldolgozását igényli, különösen az LSI és VLSI termékek gyártása esetén.

Monolit integrált áramkörök csipjeinek előállításánál a technológiai műveleteket félvezető szeleteken végzik. A továbbiakban — a teljességre való törekvés nélkül — bemutatjuk a fejlesztés — gyártás folyamatán keresztül a szeletméréssel való szoros kapcsolatot.

A technológia és a mérés kapcsolata

Az integrált áramkörök fejlesztése az előzetes specifikációval kezdődik, amely során körvonalazódik a felhasználó által igényelt funkció, paramétersereg és nem utolsósorban a költségtényező. Ez utóbbi maga után vonja néhány paraméter optimalizálását (minimális fogyasztás, méret, külső alkatrészek száma stb.).

Az áramköri tervezés igen körültekintő és szigorú optimalizálási feladat, amelynek során jól kell megválasztani az integrálható és diszkrét elemekkel megvalósítható funkciók részarányát. Az integrálható áramköröknél optimalizálni kell az illesztő, analóg és digitális részek arányát. Néhány kritikus szempontot említünk csupán: áram — feszültség — disszipációtartomány, kivezetések száma, és nem utolsósorban csipfelület.

A tervezés befejezése után célszerűen felépített diszkrét, ill. számítógépes áramköri modelleken történik a kitűzött funkciók megvalósulásának ellenőrzése. A számítógépes matematikai modellezés futtatási idejét, vagy az integrált áramköri elemkészletből felépített diszkrét modellek elkészítési idejét és költségeit — adott pontosságú modellezésnél — is

BOZSIK KÁROLY
diplomáját 1979-ben szerzte a BME Villamosmérnöki Karának híradástechnikai szakán. Az EIVRT, majd a későbbi

MEV félvezető fejlesztési főosztályán gyártmányfejlesztő mérnökként dolgozik, szakterülete elsősorban a bipoláris IC fejlesztés és mérésfejlesztés.

optimalizálni kell. Különösen a parazita elemek (pl. kapacitások) és csatolások (pl. termikus visszacsatolások) figyelembevétele lényeges.

Az ellenőrzés után kapott eredmények visszahatnak a specifikációra, esetleg az áramkör teljes újratervezéséhez vezethetnek.

A sikeres áramköri tervezés, modellezés után következik az integrált változat topológiájának megtervezése.

Nagy figyelmet kell szentelni az izotermikus elrendezésű kritikus alkatrészeknek, hogy az integrált változatnál a lehető legjobb eredményeket kapjuk. Külön említést érdemelnek a fél-felhasználói áramkörök, amelyek fix elrendezésű integrált elemkészletet (ellenállások, tranzisztorok, logikai kapuk) tartalmaznak, és a fémző maszkkal választhatók ki az egyes izotermikusan elhelyezkedő elemek. Mivel ezeknél kötött az elrendezés és az elemszám, a csip felületét nem lehet teljes egészében hasznosítani, ezért a fél-felhasználói tervezést siker esetén követheti egy — a felület kihasználását javító — minden maszkra kiterjedő újratervezés.

A topológia tervezésekor biztosítani kell az egyes áramköri elemek előírt paramétereit (disszipáció, megbízható működési tartomány stb.).

A topológiai tervezés után elkészülnek az egyes technológiai lépésekhez szükséges maszkok. Természetesen a maszkokhoz a technológiától függő fotolitográfiai, diffúziós és egyéb berendezések szükségesek, amelyeken a kész maszkok segítségével a félvezető szeleteken elkészíthetők az integrált áramkörök.

Kiforrott, stabil technológia esetén a szelet néhány pontján mérőábrákat helyeznek el, amelyeken olyan elrendezések vannak, amik az egyes technológiai lépések paramétereit elektromos mennyiségekké alakítják, lehetővé téve a korszerű mérésadatgyűjtést és feldolgozást.

Gyártás esetén az IC-k maszkjaiba léptetik be a mérőábrákat, technológiafejlesztés vagy egyéb kísérletek alkalmával csak mérőábrákat tartalmazó szeletek készülnek. Így nem csak a kísérlet paramétereit lehet nagy mennyiségben mérni és statisztikailag fel-

Beérkezett: 1984. IX. 5. (A).

dolgozni, hanem a paraméterek szelet felületén való eloszlásáról is értékes információkat nyerhetünk.

Jó felületkihasználású IC-k maszkján is szokott annyi hely maradni, hogy egyszerű mérő struktúrák elhelyezhetőek. Ezek közbülső megoldásnak tekinthetők a csak mérőábrát és a néhány mérőábrát tartalmazó elrendezés között.

A szelettechnológiai paraméterek elektromos jelekké alakításának egyik hátránya, hogy csak a szelet elkészülte után — a fémezett kivezető felületek (tappancsok) segítségével — mérhetőek. Ezért szükséges olyan — szeletméreessel összekapcsolt — számítógépes adatfeldolgozó rendszer alkalmazása, amely az egyes technológiai lépések elvégzésének feltételeit (pl. koncentráció, idő, hőmérséklet, nyomás, porszint) is rögzíti [1].

Egy ilyen rendszer az IC-k és a mérőábrák szeletmérési adatait figyelembe véve az egyes paraméterek és a kihozatal közötti összefüggések felderítését lehetővé teszi, valamint az információ visszacsatolásával a kihozatal optimalizálását, a paraméterek stabilitásának biztosítását is jól szolgálja. A rendszer gazdaságosságát még fokozhatjuk, ha az adatok közé a közvetlenül elektromos jelekké nem átalakítható paramétereket is bevesszük.

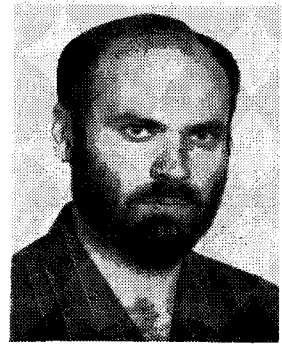
A továbbiakban az ilyen technológiai folyamat szabályozó és irányító adatfeldolgozó rendszerrel nem kívánunk foglalkozni, figyelmünket az integrált áramkörök mérésére, elsődlegesen a szeletmérésre összpontosítjuk.

Az IC fejlesztése során elsődleges feladat a maszknak — az integrált áramkör működésének — az ellenőrzése. Ehhez a szeletmérő mechanikához megfelelő mérőautomatát csatlakoztatunk, amely a mérőkártyán és tükörsorún keresztül minden egyes csipet lemér. A mérés fejlesztési szakaszában a modellezés eredményeként kapott paraméterek az elsődlegesek. Ekkor még tág mérési határok között történik a válogatás. A maszk hibáinak felderítésére a csip belső pontjain is szükségessé válhat mérést végezni. Maszkhibák a tervezés és gyártás során keletkezhetnek, amelyek behatárolását hatásosan segítheti elő a szeletmérő rendszer.

A funkcionális működést elrontó véletlenszerű hibák közül a kristályhibákat, porszemek által okozott fotolitográfiai hibákat és a fémezés hibáit említjük meg [2].

A jó szeletmérési kihozatal érdekében meg kell határozni az egyes paraméterek mérési határait úgy, hogy valamennyi működő elem ki legyen választva. Ebből a célból a szelet valamennyi elemét lemérjük, és a mérési eredményeket hisztogramok formájában kiértékelve meghatározható az egyes paraméterek értékeinek eloszlása és szórása. Az egy szeleten mért szórás a szelettechnológia homogenitását, míg a sok szeleten hosszabb időintervallumban regisztrált paraméter átlagok és szórások értéke a stabilitást jellemzi.

A mérési határokat úgy kell optimalizálni, hogy adott szelettechnológiai paramétertűrés betartása esetén a szeletmérési kihozatal optimális legyen. Amennyiben egy vagy több paraméter nem teljesíti a specifikációt — állandó technológiai feltételek mellett —, a maszk egyes elemeinek értékváltoztatása, esetleg újratervezése következik.



SVÁB PÉTER

1980-ban szerzett diplomát a BME Villamosmérnöki Karának híradástechnika szakán, majd az EIVRT félvezető fejlesztési főosztályán helyezkedett el, miközben folytatta tanulmányait az

egyetem nappali szakmérnöki tagozatán. Szakmérnöki diplomát 1983-ban szerzett, szakterülete a szeletmérés adatainak feldolgozása. Jelenleg a MEV analóg mérésfejlesztési osztályán dolgozik.

Ritkább esetben a kritikus elemek külső elemként való csatlakoztatásához vezethet.

Jó áramköri modellezés alapján a szűk toleranciájú alkatrészeket eleve külső elemként tervezik, korszerű technológia esetén pedig a szelet felületén utólag kapnak értékbeállítást pl. lézersugárral, amellyel igen kis paramétertűrést is jó kihozattal lehet garantálni. Egyes paraméterek megkövetelhetik a technológia fejlesztését, ami hosszadalmas és költséges, így csak nagy sorozat esetén gazdaságos.

Amennyiben a szeletmérés során az egyes csipek síkbeli helyét is paraméterként tekintjük, lehetővé válik a paraméterek szelet felületén való eloszlásának vizsgálata, ami a technológia inhomogenitási hibáinak felderítésére is használható (a mérőábrás szeletek mellett), amennyiben az egyes áramköri paraméterek kapcsolatban állnak a technológiai paraméterekkel.

Az elemek szétválogatását szolgáló festékponttal való megjelölés helyett az egyes szűk paraméterű elemek számítógép segítségével kiemelhetők a csipek egymástól való elválasztása után. A mérési eredmények hisztogramjai lehetőséget nyújtanak a normális gyártási szórásnál szűkebb mérési határok esetén a kihozatal meghatározására, így válogatással is előre kalkulálható az árnövekedés [3].

Különösen a fejlesztés során szükséges az egyes paraméterek hőmérséklet-függésének — az IC működőképességének hőmérséklet-tartománya — meghatározása. Egyes esetekben az IC-ben levő hőmérséklet mérő kapcsolások működésének ellenőrzésére, beállítására is szükség van.

A dinamikus paraméterek specifikációja szükséges teszi lehetőség szerint minél több dinamikus paraméter szeleten történő — gyakran a hőmérséklet függvényében — mérését, beállítását.

Ha a csipek jellemzői elérték a várt értékeket, a fejlesztés a szerelés-tokozás műveletével folytatódik. Mivel általában nem minden paraméter mérhető szelet alakban, gyakran a fejlesztés is igényel tokozott áramköröket.

A szerelés, tokozás során keletkező hibás (szakadt, zárlatos), vagy megváltozott paraméterű IC-k kiválogatása a készáru mérés folyamán történik.

A kész integrált áramkörök a megbízhatósági vizsgálatokra kerülnek, ahol előírt feltételek (klíma, hőmérséklet stb.) között vizsgálják a paraméterek változását. Megfelelő eredmények esetén ezer-tízezer darabos kísérleti gyártást indítanak. A kísérleti gyártás célja a beállított értékek reprodukálhatóságának vizsgálata és a jó kihozatalú gyártásnak a bizonyítása. A gyártás már csak mennyiségileg tér el a kísérleti gyártástól, azonos és állandó technológiát feltételezve a fejlesztéssel és kísérleti gyártással. A gyártás során a szeletek és a készáru mérése a fejlesztés során meghatározott határookra történik, a kidolgozott mérési elvek szerint.

A szerelés és tokozás költséghányada a késztermékben magas, ezért fontos, hogy a szeletmérés lehetőleg minden előírt paraméterre terjedjen ki.

A szeletmérő rendszerrel szemben támasztott követelmények

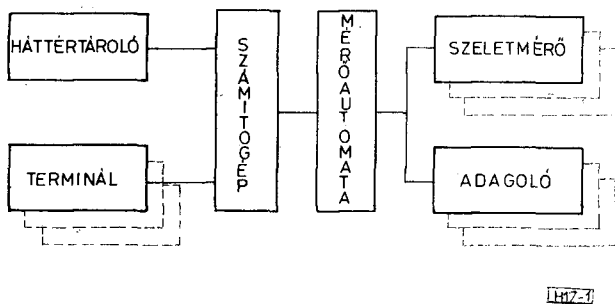
Az előzőekben láthattuk, milyen fontos szerepet játszik az IC-gyártás folyamatában a mérés, különösen a szeletmérés.

A továbbiakban azt vizsgáljuk, milyen igényeket kell támasztanunk a mérőrendszerrel szemben, hogy az hatékonyan szolgálhassa a fejlesztést és a gyártást [4], majd példaképpen bemutatunk egy rendszert, amelyet már hosszabb ideje sikerrel használunk a kihozatal és a minőség javításában és a tervezési folyamat lerövidítésében.

A félvezető eszközök tömeggyártása elkerülhetetlenül magával hozta a mérés automatizálását – megteremtette az automatikus mérőberendezések iparát és piacát [5].

Az egy csipen integrált funkciók egyre összetettebbek lettek, aminek természetes következménye volt, hogy a mérőberendezések is mind gyorsabbá és sokoldalúbbakká váltak. A mérések olyan sok adatot eredményeztek, hogy azok feldolgozása kézzel már nem lehetséges. Így természetes, hogy ma már az automatikus mérőberendezések számítógéppel vezéreltek, és az adatok redukcióját szintén számítógép (gyakran ugyanaz) végzi.

Az 1. ábrán egy tipikus mérőrendszert láthatunk, amely mind készáru, mind félvezető szeletek mérésére alkalmas.



1. ábra. Szelet és készáru mérésére alkalmas mérőberendezés felépítése

A továbbiakban csupán az adatfeldolgozás problémájával foglalkozunk, azt is a gyártó szemszögéből vizsgálva. Azt kell tehát szem előtt tartanunk, az adatkompressziós számítógép és programcsomag hogyan segíti elő

1. az IC technológia homogenitásának ellenőrzését;
2. az IC technológia stabilitásának vizsgálatát;
3. az esetleges technológiai vagy konstrukciós hibák behatárolását;
4. a kihozatal optimalizálását.

Az előzőekben láttuk, hogy mindegyike a szeletmérés a legalkalmasabb, hiszen a mért paraméterek hely szerinti eloszlása értékes információkat nyújthat, amely a csipek egymástól történő elválasztása után véglegesen elvész.

Vizsgáljuk meg az előző szempontok alapján, milyen igényeket kell támasztanunk a szeletmérés adatainak feldolgozásával szemben [6, 7]!

1. Az integrált áramkörök gyártási folyamatának stabilitását rövid és hosszú távon is vizsgálnunk kell. Az előző többnyire az egyes típusok szeletmérési adatainak statisztikus analizisével, míg a második inkább a tesztabrákon végzett mérések alapján minősíthető. Mindkettő feltételezi, hogy a számítógép nagy kapacitású, gyors háttértárolóval, valamint a statisztikus analízist hatékonyan elősegítő programcsomaggal rendelkezik.

2. Az esetleges technológiai hibák behatárolását egyrészt a paraméterek részletes statisztikus analizisével, másrészt a paraméterek és hibás csipek hely szerinti eloszlásának vizsgálatával végezhetjük (pl. maszk illesztélességi problémák, kezelési hiányosságok, egyenetlen diffúziós gáztér stb.).

A konstrukciós hiányosságok behatárolását is elősegítik a statisztikus vizsgálatok, de a rendszert alkalmas berendezéssel kiegészítve (amely lehetővé teszi az IC belső pontjain történő méréseket) a szeletmérés során a diszkrét áramkörök „belövésénél” megszokott módszereket is alkalmazhatjuk. Így a fejlesztési folyamatot nagy mértékben le lehet rövidíteni, ami különösen a berendezésorientált áramkörök tervezésénél fontos.

3. A kihozatal optimalizálása többnyire a specifikációs és gyártási toleranciák illesztésével történik [8]. Ehhez szintén alapvető kiindulásul kell, hogy szolgáljon a mért paraméterek részletes statisztikus analízise.

Vázlatosan összefoglalva az előző gondolatokat, a félvezető szeletmérés adatainak feldolgozását végző számítógéppel és programcsomaggal szemben a következő igényeket kell támasztanunk:

1. A számítógép álljon „on-line” kapcsolatban a mérőautomatával, rendelkezzen nagy kapacitású és gyors háttértárolóval, grafikus terminállal.
2. A programcsomag használata egyszerű legyen, tegye lehetővé a paraméterek részletes statisztikus analizését, a szeleten történő hely szerinti eloszlásának megjelenítését.
3. A berendezés az adatokat a felhasználó számára gyorsan és könnyen áttekinthető formában bocsássa rendelkezésére.

A MEV-ben kifejlesztett és alkalmazott szeletmérő rendszer

A megelőző fejezetekben összefoglaltuk a szeletmérés főbb követelményeit, a rendszerrel szemben támasztott igényeket, amelyeket figyelembe vettünk az adatfeldolgozó számítógép hardver és szoftver kialakításakor. A 2. ábra a MEV-ben alkalmazott rendszer felépítésének vázlatát mutatja.

Látható, hogy az adatok kiértékelését és dokumentálását színes grafikus display, nyomtató és plotter segíti. A rendszer interaktív, a külvilággal az alfanumerikus terminál segítségével kommunikál. Számítógépként bármilyen nagy memóriakapacitású általános célú számítógép vagy mikrogép megfelel — amely képes kezelni a szükséges perifériákat is —, hiszen speciális igényeket csupán a szoftverrel szemben kell támasztanunk, így a továbbiakban erről szólnunk részletesebben.

Az adatok kiértékelésének folyamatát három szintre bontottuk:

1. gyors, áttekintő jellegű statisztikus vizsgálat;
2. részletes statisztikai analízis;
3. hely szerinti paraméter- és hibaeloszlás-vizsgálat.

Az 1. többnyire a technológiai stabilitás vizsgálatára szolgál, míg a 2., 3. fontos szerepet játszik a különböző hiányosságok okainak felderítésében. Mindhárom esetben lényeges, hogy a vizsgálatokat az adatok — tetszőlegesen megválasztott — részhalmazain is elvégezhessük, hiszen pl. a széleken, hibás csipeken vagy tesztábrákon végzett mérések eredményei a számításokat teljesen meghamisítanak.

Az általunk használt program ezt úgy teszi lehetővé, hogy a mérések tetszőleges halmazára feltételeket lehet megadni, amely feltételek teljesülése esetén lesz csak az adott csip része a számítások elvégzéséhez bázisul szolgáló adathalmaznak. (Így pl. mód van kizárni azokat a csipeket, amelyek esetén az i_1, i_2, \dots, i_n sorszámú mérés valamelyike valamilyen feltételt nem elégít ki.)

A továbbiakban mindezt egy konkrét példán keresztül mutatjuk be.

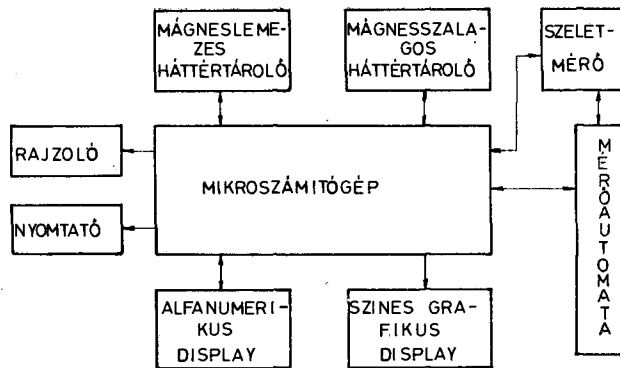
A szeletmérő rendszer alkalmazása

A technológia homogenitásának ellenőrzése

Mint már elmondtuk, a technológia homogenitásának vizsgálatára különböző teszt szeleteket is szoktak alkalmazni, azonban gyakran a gyártásban levő szelet lényegesen egyszerűbb (és főleg olcsóbb) erre a célra — ha a mért adatok hely szerinti eloszlásának gyors ábrázolása egyszerűen lehetséges.

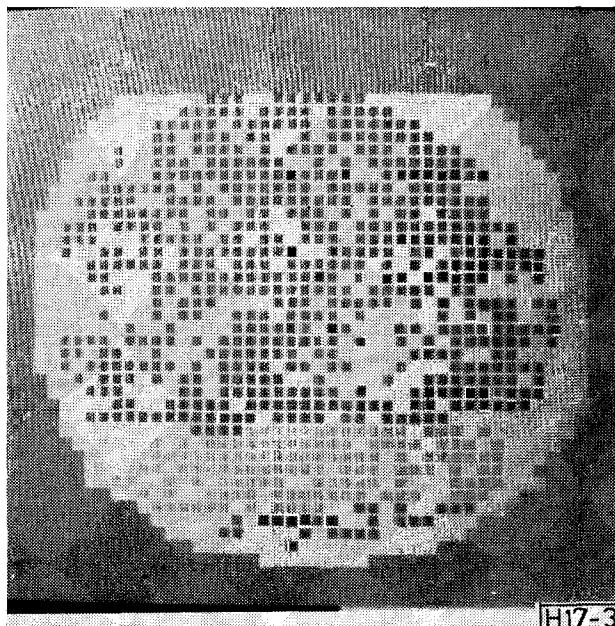
Az általunk alkalmazott rendszer erre egy színes grafikus display segítségével ad módot, ahol a különböző tartományokat különböző színek ábrázolják — így gyakran első pillantásra feltűnővé téve más módszerrel igen nehezen felderíthető hibákat is.

A 3. ábrán egy szelet oxid letörésének hely szerinti változását láthatjuk. Habár a nyomdatechnika nem tette lehetővé a színes szelettérkép bemutatását, fekete-fehérben is látható, hogy jól elkülöníthető,



H17-2

2. ábra. A MEV-ben alkalmazott szeletmérő rendszer



H17-3

3. ábra. Oxid-letörési szelettérkép

különböző letörési feszültségű területek vannak a szeleten (pl. a széleken a letörési feszültség alacsonyabb). (A valóságban természetesen az egyes színek paraméter-intervallum értéke is leolvasható a displayről, itt — mivel a színek fekete-fehérben nem különböztethetők jól meg — a fényképről ezt leahagytuk.)

A különböző paraméterű tartományok behatárolása leggyakrabban az okokat is felfedi (maszk-elillesztés [9], gondatlan kezelés, rossz diffúziós gázáramlás).

A technológia stabilitásának ellenőrzése

Szeletmérő rendszerünk a technológia stabilitásának ellenőrzését a statisztikai számítások gyors elvégzésével segíti elő. Az egyes szeletek lemérése után néhány perc alatt elkészíti a mért adatok átlag, szórás táblázatát (4. ábra), amit az előző szeletek hasonló táblázataival összehasonlítva percek alatt ellenőrizhető, hogy a technológiai körülmények nem változtak-e meg.

Amennyiben ez a vizsgálat hibát jelez, annak behatárolásához részletesebb analízis szükséges.

MERES	KIHÓZATAL	MINIMUM	MAXIMUM	ÁTLAG	SZÓRAS
1.:U1/20 (V)	91.66%	00.00	03.02	02.20	00.94 (01.50 00.00)
2.:U2/20 (V)	95.96%	00.00	03.72	02.16	00.00 (01.00 06.00)
3.:U3/20 (V)	90.03%	00.00	03.66	02.14	00.06 (01.00 00.00)
4.:U4/20 (V)	90.62%	00.02	03.64	02.12	00.00 (01.00 00.00)
5.:U5/20 (V)	90.62%	00.00	03.60	02.12	00.04 (01.00 00.00)
6.:U6/20 (V)	90.62%	00.00	03.50	02.10	00.04 (01.00 00.00)
7.:U7/20 (V)	90.92%	00.02	03.56	02.10	00.02 (01.00 00.00)
8.:U8/20 (V)	90.92%	00.02	03.54	02.00	00.04 (01.00 00.00)
9.:U9/20 (V)	90.92%	00.00	03.54	02.00	00.02 (01.00 00.00)
10.:U10/20(V)	91.07%	00.00	03.50	02.00	00.00 (01.00 00.00)

H17-4

6. SZ./2. OXID LETÖRES

1984. 01. 19.

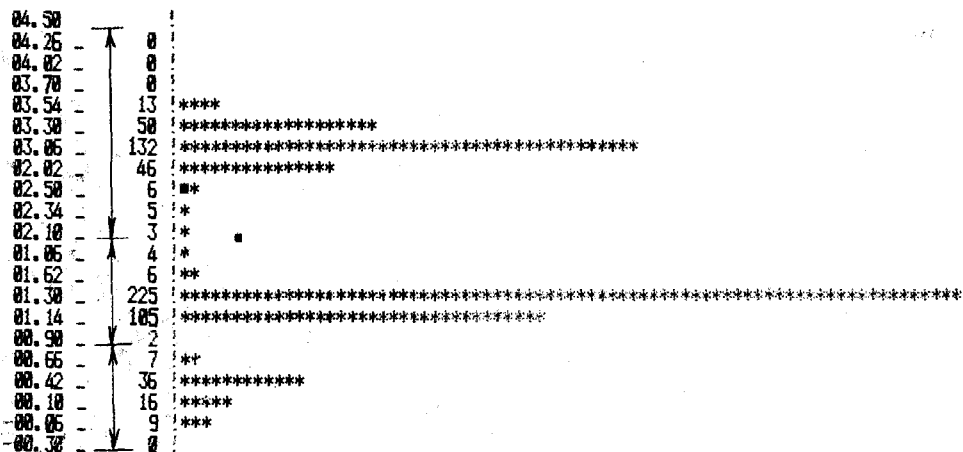
MERESEK SZÁMA: 10

LEMERT CHIPEK SZÁMA: 673

INTERVALLUMOK SZÁMA= 20

2.: U2/20 V

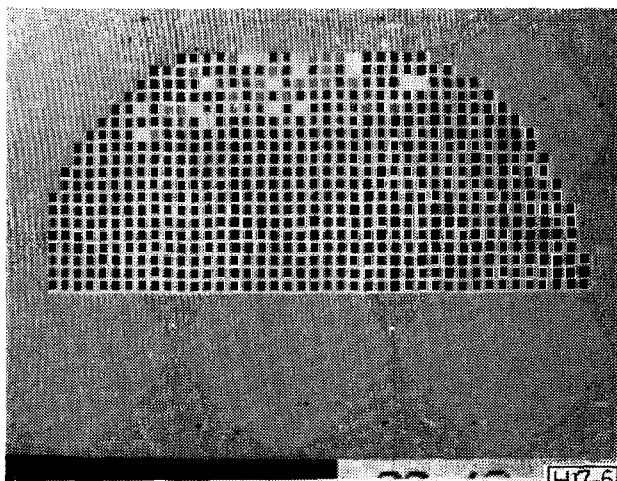
3 BB/OSZTAS



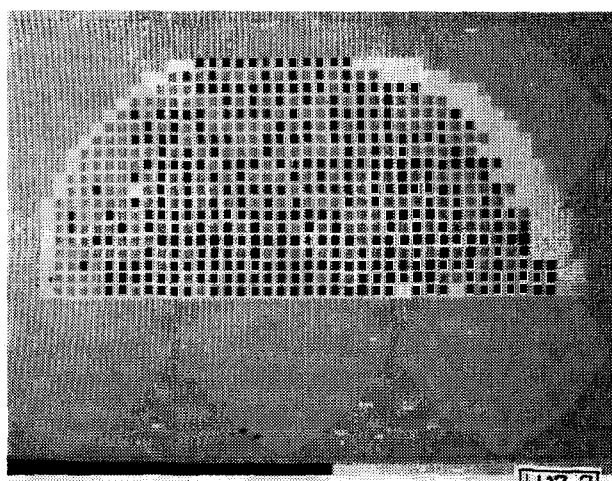
AZ ADOTT HATÁROKRA (-00.30 - 04.50) SZÁMITOTT KIHÓZATAL= 100 % 673 DB , ÁTLAG= 01.98 , SZÓRAS= 01.00

5. ábra. Oxid-letörési hisztogram

H17-5



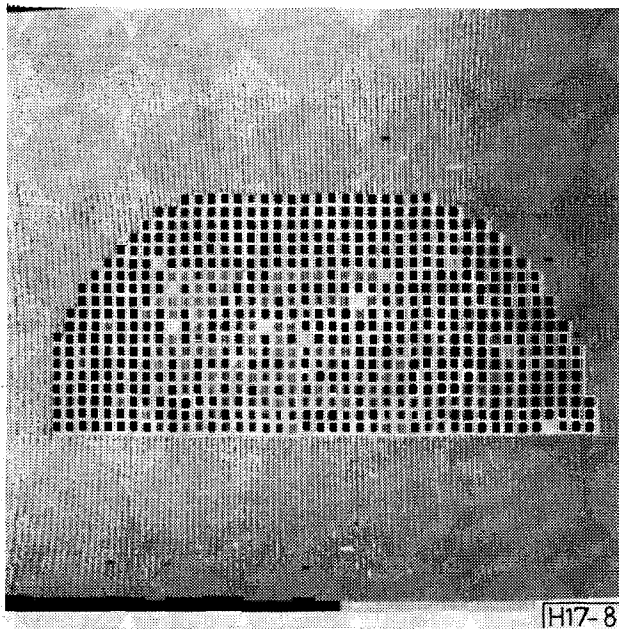
H17-6



H17-7

6. ábra. Oxid-letörési szelettérkép — a kezelési terület

7. ábra. Oxid-letörési szelettérkép — a szelet szélső területe



8. ábra. Oxid-letörési szelettérkép — a szelet belső területe

Technológiai hibakeresés

A technológia hiányosságainak felderítése meglehetősen körülményes és drága feladat, amit ráadásul gyorsan kell végezni, hiszen minden idővesztés további selejtet — tehát önköltség-növekedést — okoz. Ha valamilyen hiba jelentkezik a gyártásban levő szeleten vagy tesztszeleten, célszerű a vizsgálatot a mért paraméterek empirikus sűrűségfüggvényeinek vizsgálatával (hisztogram) kezdeni.

Az 5. ábra egy oxid-letörést ellenőrző tesztszelet hisztogramját mutatja. Első látásra meglepőnek tűnik, hogy a görbének három „púpja” van, azaz három érték körül csoportosul a statisztikus sokaság. Ennek oka nem lenne kideríthető, ha nem vizsgálnánk meg a paraméterek hely szerinti eloszlását, mégpedig mindhárom „púpot” külön-külön. A megfelelő intervallumokat a hisztogramon nyilak jelölik, amelyeken kívül eső értéket a szelettérképen piros (fekete-fehérben a legsötétebb árnyalat) jelöli.

A 6. ábrán látható a 0...0,9, a 7. ábrán a 0,9...2,1, a 8. ábrán a 2,1...4,5 mérési határokhoz tartozó érték, amelyekből könnyen kitűnik, hogy a legalacsonyabb letörési feszültség a kezelési területen jelentkezik, a széleken valamivel magasabb és csupán a fél szelet közepén megfelelő az értéke, ahol azonban még egyé — pontszerű — hibák is jelentkeznek.

Sajnos a vizsgálat nem minden esetben ilyen egy-

szerű és egyértelmű, de legtöbbször a szelettérkép jelentősen megkönnyíti a technológusok feladatát.

A kihozatal optimalizálása

A kihozatal optimalizálása a gyártási és specifikációs toleranciák illesztését (középpontosítást) igényli, amelyhez természetesen elsődleges feladat ismerni a gyártás szórását és a paraméterek eloszlását. Ehhez a rendszer által felrajzolt hisztogramok nyújtanak nagy segítséget (5. ábra).

Összefoglalás

Az előzőekben áttekintettük vázlatosan az IC-fejlesztés és gyártás folyamatát, és láthattuk, hogy a mérésnek — de különösen a szeletmérésnek — a jelentősége meghatározó a gazdaságosságban és a minőségben. A továbbiakban a szeletmérést vizsgáltuk az adatkiértékelés szempontjából, majd bemutattuk a MEV-ben alkalmazott szeletmérő adatfeldolgozó számítógépet.

Természetesen nem lehet azt állítani, hogy a szeletmérés adatainak kiértékelése egy csapásra megoldaná meglévő technológiai problémáink nagy részét, valószínű azonban, hogy szerepet játszhat mind a gazdasági, mind a műszaki tervezésben, de legfőképpen a selejt elleni küzdelemben.

I R O D A L O M

- [1] C. H. Stapper: LSI yield modeling and process monitoring. IBM J., pp. 228—234, May, 1976.
- [2] T. Yanagawa: Yield degradation of IC-s due to spot defects. IEEE Trans. on Electron Dev., pp. 190—197., Feb. 1972.
- [3] M. R. Gullett: A practical method of predicting IC yields. Semicond. International, pp. 87—94, March 1981.
- [4] T. Goto, N. Manabe: How Japanese manufacturers achieve high IC reliability, Electronics, pp. 140—146, March 1980.
- [5] J. D. Hutcheson: Semiconductor testing requirements in the 1980s. Solid-State Technology, pp. 133—137, Aug. 1980.
- [6] J. M. Charles, M. W. Lantz: Applications of high speed data acquisition for semiconductor device yield analysis — I. Solid-State Technology, pp. 119—121, March 1982.
- [7] J. M. Charles, M. W. Lantz: Applications of high speed data acquisition for semiconductor device yield analysis — II. Solid-State Technology, pp. 247—250, Apr. 1982.
- [8] Gefferth L.: Elektronikus áramkörök gyártási selejtjének csökkentése. Híradástechnika, 1982. aug.
- [9] C. S. Kim, W. E. Ham: Yield area analysis; part II, RCA Review, pp. 565—577, Dec. 1978.