

# Speciális mérési eljárások alkalmazása az optikai érzékelők gyártásának I. ciklusszelet technológia ellenőrzésére\*

B. KORNEFFEL—D. MORAWSKI—H. J. MUNTE  
VEB Werk für Fernsehelektronik, Berlin

## ÖSSZEFOGLALÁS

A folyamat ellenőrző mérés technika bevezetésével a szelet technológia egyes részlépései során felismerhetők a hibák. Ez lehetővé teszi az egyes technológiai lépések közvetlen vezérlését és a selejtes szeletek idejekorán történő kiiktatását. (A)

### 1. Az igény indokolása

A korszerű integrált áramkörök — különösképpen az LSI optikai érzékelők — gyártása során egyre komplexebb technológiák kerülnek alkalmazásra (1).

Amíg például diszkrét, vagy alacsony integráltsági fokú építőelemek gyártásánál a szükséges technológiai alaplépések száma 50 alatt maradt, addig a gyártásban ez idő szerint alkalmazott technológiai lépések száma 100 és 180 között van. Ez érthető is, hiszen ezeket az áramköröket a következők jellemzik

- poli-Si-rétegek alkalmazása 2–3 síkban,
- Al-, illetve Al(Si)Cu vezetők alkalmazása 1–2 síkban,
- szilícium-dioxidból és -nitridből CVD-eljárással gyártott szigetelőrétegek alkalmazása 1–2 síkban,
- az áttérés 3–5 fotolitografált síkról 8–10 síkra (önpozicionáló síkok alkalmazása mellett),
- 3  $\mu\text{m}$  körüli struktúrák létrehozása a lapkákon.

Fentiek miatt — a selejtmentesség biztosítása érdekében — elengedhetetlenül szükséges, hogy a komplex gyártási folyamatot átfogó ellenőrzés útján állandóan kézben tarthassuk és optimális irányba befolyásolhassuk. Így tehát a folyamatellenőrzés feladatai az alábbiak:

- Az egyes technológiai lépésekre jellemző paraméterek meghatározása, pl. az elsődleges adatok (az adalékolás mértékének, a vezető és passzíváló rétegek vastagságának) mérése,
- az egyes technológiai részfolyamatok egymásra gyakorolt (zavaró) hatásának (pl. az adalékolási profilok eltolódásának, a határfelületeket, ill. a térfogatot meghatározó paraméterek megnövekedésének vagy csökkenésének) kiiktatása,
- azon fizikai mennyiségek meghatározása, amelyek az építőelemek tulajdonságait megszabják

\* A cikk előadás formájában elhangzott a „Mikroelektronika '82” siófoki konferencián. Magyarra fordította és közlésre előkészítette dr. Haiman Ottó.

ugyan, de nem képezik a gyártás közben vagy végén előírt mérések tárgyát,

- az egyes technológiai lépések után jelentkező (elsődleges és másodlagos) hibák azonosítása.

### 2. Mérési eljárások és meghatározandó paraméterek

Munkánkban nagyszámú, különböző jellegű eljárást alkalmaztunk; ezek közül néhányát — a teljesség igénye nélkül — 1. ábránkon mutatunk be.

Az alkalmazott eljárások mindegyikét megvizsgáltuk, alkalmas-e folyamatszabályozásra, majd beillesztettük gyártási rendszerünkbe, amellyel Si-alapú optoelektronikai érzékelőket állítunk elő.

### 3. A komplex ellenőrző és tesztelő rendszer

A komplex ellenőrzés, vezérlés és elemzés eszközei az alábbiak: ellenőrző szeletek (K-szeletek), teszt-szeletek (T-szeletek), mérő lapkák (M-szeletek), valamint a technológiai műveleteknek alávetett szeleteken kialakított tesztmezők.

Komplex gyártó-ellenőrző rendszerünk bemutatásánál (lásd 2. ábra) a legfontosabb részműveletekre szorítkoztunk.

Minden K-szeletre vonatkozólag külön megállapított maximum- (ill. minimum-) értékek mérvadók.

Ezeknek túllépése esetén a parti értékcorrekcióit szolgáló technológiai utócikluson futtatják át. Ha ez nem lehetséges, a parti selejtnak minősül.

A marási idők pontos meghatározását a T-jelű szeletek felhasználásával végzik, ezért ezeket a többi technológiai műveleteknek is alávetik.

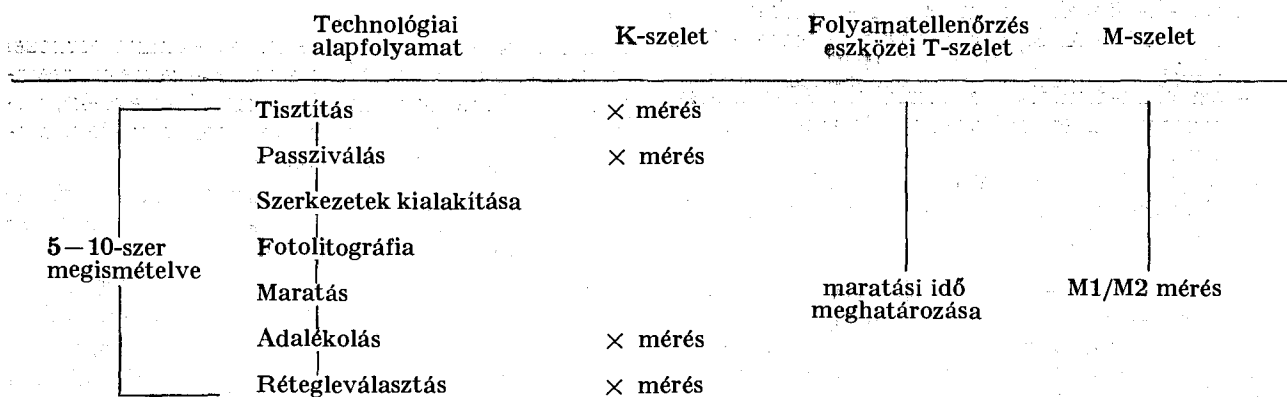
Ezzel ellentétben az M-1-, ill. M-2-lapkákat mindössze a technológiai részműveleteknek kb. egy-egy harmadának vetik alá.

Különleges litográfiai megmunkálással mérőstruktúrákat alakítanak ki rajtuk, amelyek lehetővé teszik egyes paraméterek (pl. flatband-feszültség, kisebbségi töltés hordozók élettartama, gate-oxidrétegek vastagsága, poli-Si-rétegek ellenállása és poli-Si-SiO<sub>2</sub> szigetelőképesége) meghatározását.

Mindezeket a paramétereket a technológiai lépések közül több is befolyásolja, ezért ellenőrző (K) szeletek erre a célra nem alkalmazhatók. Az M-1 és M-2 szeletek kiértékeléséig minden egyes parti további kezelését felfüggesztik és csak akkor folytat-

1. Négytűs módszer	fajlagos ellenállás $\rho$ [ $\Omega\text{cm}$ ] rétegenállás $R_s$ [ $\Omega/\square$ ] maradék bázisellenállás $R_b$ [ $\Omega/\square$ ] kontaktus ellenállás $R_k$ [ $\Omega\text{cm}^2$ ]	alap-adalékolás $N_D - N_A$ az $N$ felületi koncentráció meghatározása ismert $x_j$ behatolási mélység mellett áramerősítés meghatározása  közbülső rétegek kimutatása fém és Si között
2. Átütési módszer	csúcs-érintkező átütési feszültsége	$N_D - N_A$ adalékos meghatározása erősen adalékolt szubsztrátumokra ránövesztett epitaxiás rétegeknél; adalékolási inhomogenitások
3. „Szétterjedési ellenállás” eljárás	fajlagos ellenállás $\rho$ [ $\Omega\text{cm}$ ]	epitaxiás rétegek adalékolása; adalékolási profilok; adalékolási inhomogenitások
C-V-mérések - pn átmenetekenél - Schottky diódáknál	kapacitás $C = f(U_R)$	eredő adalékolás, adalékolási profil, tértöltészóna változási tartománya
5. MOS-CV-mérés - Hg-érintkezőnél - Al-érintkezőnél	kapacitás $C = f(U_F)$	$Q_{ss}$ szigetelőtöltés az $U_{FB}$ flatband-feszültségből $N_{sz}$ gyors állapotok sűrűsége, $\tau_{eff}$ kisebbségi töltéshordozók élettartama a tértöltészónában, ionkoncentráció a szigetelőben ( $n: 1.10^{10}$ ion/cm <sup>2</sup> )
6. Áram-feszültség-mérés gate-ekkel szabályozott pn átmeneteken	záró, ill. nyitó áram $I_R$ , ill. $I_F = f(U_0)$ ( $U_R \cdot U_F = \text{const}$ )	felületi rekombinációs sebesség $S_0$ , szigetelő töltése, adalékolás és annak profiljai, potenciálmeghatározások
7. Ellipszometria	$d$ szigetelővastagság $\epsilon$ dielekt. állandó	Si-ra rávitt passzíváló rétegek szerkezetének minőségvizsgálata, rétegek sztöchiometriája
8. Infravörös spektroszkópia	visszaverődés és elnyelés a $\lambda$ függvényében	epitaxiás rétegek, CVD-rétegek és poli-Si-rétegek vastagsága.

1. ábra. A szelettechnológiában alkalmazott fizikai mérési eljárások áttekintése



2. ábra. A folyamatellenőrzési rendszer ábrázolása

ják, ha minden paraméter értéke a tűrésmezőbe esik.

A szelettechnológia végén sor kerül a fizikai (közbülső) értékmérésre, külön e célra kialakított tesztmezőstruktúrák segítségével. 3. ábránkon látható a technológiai alaplépések kapcsolata a mindenkor tesztstruktúrákon végzett mérésekkel.

A tesztmező-mérések jelentősége az alábbi két pontban foglalható össze:

1. A tesztmező-mérések összessége alapján a szelettechnológia szinte teljes részletességgel kiemelhető. Ennek hasznát főleg olyan lapkák esetében látjuk, amelyek selejtesek lettek, vagy kis kihozattal adtak, vagy pedig amelyeken az

építőelemek paraméter-értékei az alsó (minőségi) határ közelébe estek.

2. A tesztmező-mérések eredményeinek állandó összevetése egyrészt az építőelemek paramétereivel, másrészt a K-szeletek adataival módot ad arra, hogy az egyes technológiai lépések után kialakult értékszórás csökkentésére. A technológia gyenge pontjai gyorsan felismerhetők, így azonnali rendszabályok foganatosíthatók a hibának vélt lépés javítására.

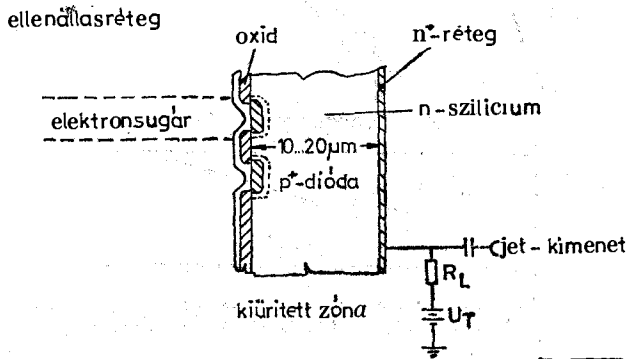
#### 4. Példák

A leírt mérés technika alkalmazását két példán mutatjuk be:

Paraméter-tesztmező

MOSFET	MOSFET tranzisztor	barrierék és temetett csatorna adalékolása
FELD	kapacitás mezőoxidon, ül. Silox I-en	mezőoxid és Silox I vastagsága
RS	réteggellenállás	poli-Si I + II réteggellenállása
Kíhozatali tesztmező		
SPALT	poli-Si I + II szerkezetek egymástól kis távolságban	a vezetékek közötti szigetelés ellenőrzése
ISOLA	különböző rétegek kombinációja	poli-Si I + II rétegek közötti szigetelés ellenőrzése
KOTAKE	érintkezőláncok	Al n <sup>+</sup> tartományokon és poli-Si-I + II tartományokon; érintkezés ellenőrzése különböző lyukak esetében
KOSTU	érintkezőfokozatok	Al-mezőoxidfokozatok + Silox I érintkezések vizsgálata.

3. ábra. Magyarázatok a teszt-mezők (tesztstruktúrák) jelöléseikhez



4. ábra

H867-4

4.1. Si-dióda target poli-Si szigetekkel

Ezzel a targettel, amelyet speciális alkalmazású, Endikon-típusú képfelvévő-csővekbe építünk be, a 220 mm<sup>2</sup>-nyi lapkafelületen elhelyezkedő kb. 1,6 × 10<sup>6</sup> diódájával már megtettük az első lépést az LSI szilárdtest-képfelvétel irányába. Bár előállításának technológiája viszonylag egyszerű, ennél az elemnél különösen magasak a technológiával szemben támasztott igények, főleg a tisztaság (a diódáknak legfeljebb 0,03%-a lehet hibás) és a sötétáram (legfeljebb 1,2 × 10<sup>-14</sup> [A] diódként) tekintetében.

A sötétáram a legfontosabb paraméterek egyike, hiszen mind nagysága, mind pedig értékének az élettartam alatti állandósága döntően befolyásolja a képcső dinamikáját. A 4. ábrán bemutatott eszköz

$I_{vol}$  térfogati összetevő

$$I_{vol} = V(U_R) \frac{n_i}{2} q_0 \frac{1}{\tau_{eff}}$$

ahol:

$$\frac{1}{\tau_{eff}} = \sigma V_{+n} N_t$$

Az egyes betűk jelentése:

$V(U_R)$  a tértöltészóna aktív térfogata  
 $\tau_{eff}$  a kisebbségi töltéshordozók effektív élettartama

$F_D$  szabad töltéshordozók a p<sup>+</sup> tartományok közötti SiO<sub>2</sub>/Si határfelületen

sötétáramának két részét felületi, ill. térfogati effektusok okozzák (5. ábra).

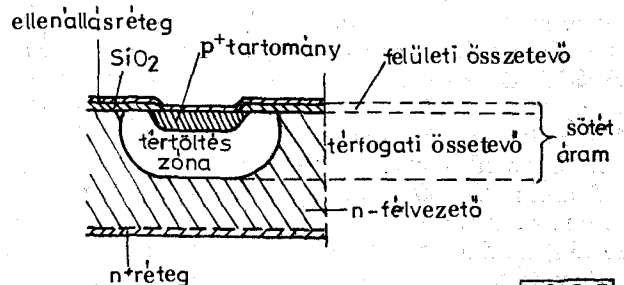
Amint az összefüggésekből látható, két mennyiség, nevezetesen

- a felületi rekombinációs sebesség:  $S_0$  (cm·s<sup>-1</sup>) és
- a kisebbségi töltéshordozók élettartama:  $\tau_{eff}$  (µs)

gyakorol döntő befolyást.

$S_0$  meghatározása ún. gate-gyűrűs diódákkal történhet, ahogyan azt a 6. ábra mutatja.

Amint a 6/a ábra mutatja, ezek pn átmenetek, felettük — szigetelten — külön gate-gyűrűkkel. Mivel — struktúráinak különleges volta miatt — ezen építőelem nem helyezhető el a technológiai művelet-sorozatban előállítandó építőelemen, külön mérőszéletet kellett csatolni az éles szélethez.



H867-5

5. ábra. A sötétáram felületi és térfogati összetevője

$I_{on}$  felületi összetevő

$$I_{on} = F_D(U_R) \frac{n_i}{2} q_0 S_0$$

ahol:

$$S_0 = \pi k T N_{ST} \sigma V_{+n}$$

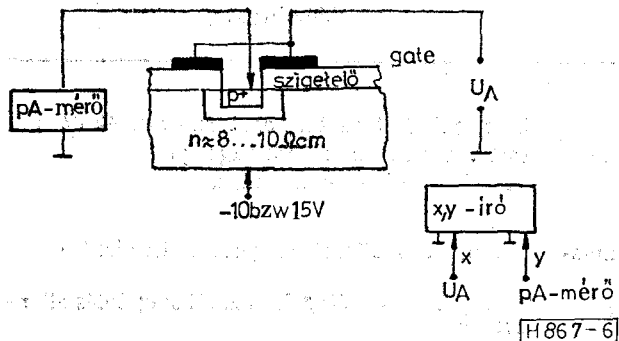
$S_0$  felületi rekombinációs sebesség

$n_i$  intrinsic-sűrűség 20 °C-on

$q_0$  elemi töltés

$N_{ST}$  felületi állapotok sűrűsége

$N_t$  rekombinációs centrumok sűrűsége



6. ábra. Elvi rajz

Megfelelően beállított hidrogén hőkezelés és különleges getter-technológia alkalmazásával, valamint a diódákon poli-Si-szigetek elhelyezésével sikerült elérni (lásd 7. ábra), hogy a sötétáram csökkent, sötétértékének növekedése az eszköz élettartama alatt minimális lett.

A szóban forgó F 2,5 M 5, ill. F 2,5 M 51 típusjelű csöveket 1978 óta gyártja a VEB WFB (NDK).

#### 4.2. CCD-érzékelők

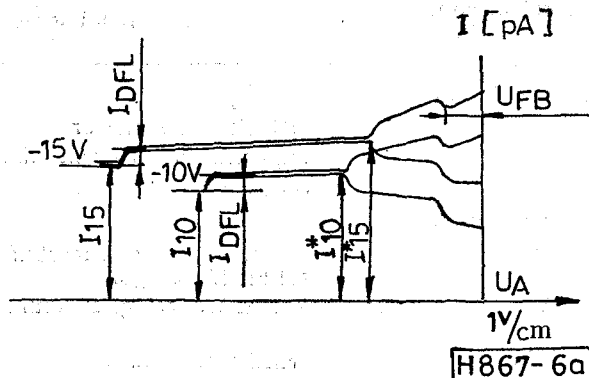
A legkorszerűbb integrált optikai érzékelőknek jelenleg azokat tekintik, amelyek csatolt MOS-kondenzátorokkal megvalósított töltéstovábbítás elvén működnek. A CCD szenzorok felépítésére jellemző:

- vonal mentén, vagy felületen elosztva elhelyezkedő érzékelők,
- egy léptető regiszter, amely az érzékelőkben fény által keltett töltést továbbítja,
- egy töltésdetektor, amely feszültségértékekké alakítja át a töltésértékeket.

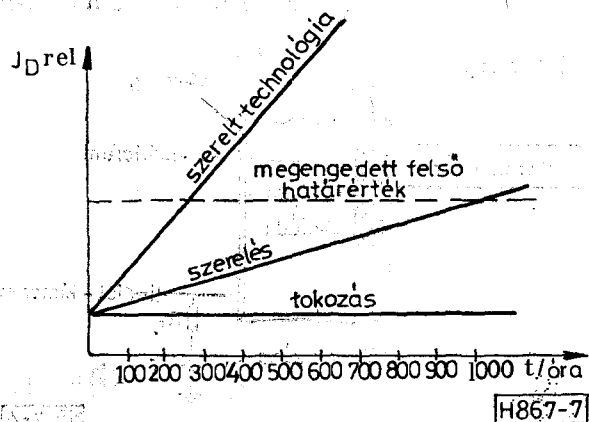
A CCD-szenzorokat jellemző paraméterek egyike a kimeneti telítési feszültség. Ennek nagyságát lényegében megszabja — a fent említett töltésdetektoron, valamint az alkalmasint utána kapcsolt, többfokozatú MOSFET-erősítőn kívül — az a legnagyobb töltés, amely a léptető rendszerén át transzportálható. A mondottak könnyebb beláttatása érdekében térjünk ki röviden az ilyen építőelemek elvi felépítésére.

Amint a 8. ábrán látható, p-típusú anyagban (mind az optikai érzékelő, mind pedig a léptető regiszter helyén) n-adalékolt tartományt létesítenek, amelyet „eltemetett csatornának” szoktak nevezni. Az egyes érzékelők elválasztása végett, továbbá idegen töltéshordozóknak ebbe a térfogatba való beáramlása ellen ezt az n-tartományt magasan adalékolt p-tartományval, az ún. „channel stop”-pal veszik körül. Az „eltemetett csatorna” fölé a gate-oxid kerül, amelyet az adott esetben nitridréteggel kettős szigetelővé egészítenek ki. Ezen a szigetelőn azután létrehozzák (poli-Si-ből) a továbbító elektródákat. Mivel az üzemmód kétfázisú, ezek két, egymástól szigetelt síkban helyezkednek el. A második sík továbbító elektródái alatt keskeny p-tartományokat (ún. barriereket) létesítenek; ezeknek magasságát megszabja a töltésadagok nagyságára vonatkozó kikötés.

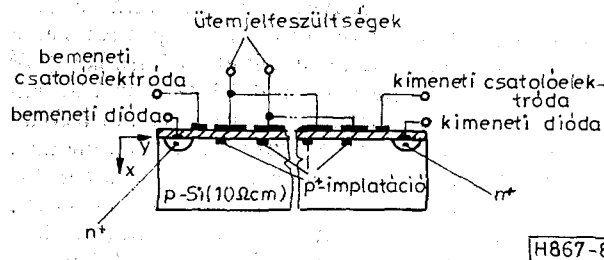
Az ilyen léptető regiszterben (9. ábra) transzportálható Q töltés maximális értéke az elektródok mértani adatain kívül lényegében függ:



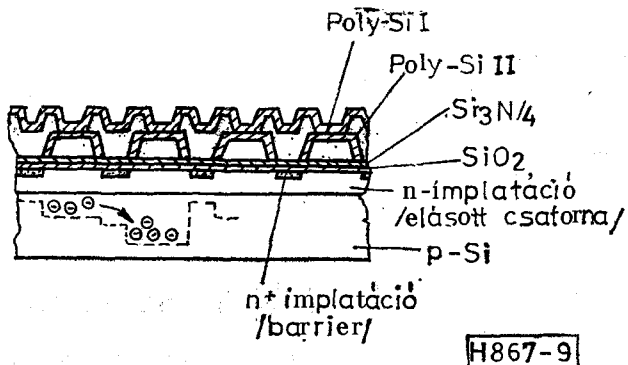
6/a ábra. I—U karakterisztika



7. ábra. A sötétáram tipikus változása az élettartam során



8. ábra. Kétfázisú töltéstranszportot megvalósító elem felépítése



9. ábra. A léptető regiszter felépítése

- a barrier optimális magasságától,
- az optimális töltés-hatásfok elérése érdekében optimalizált adagolási és potenciál-profil megközelítésétől,
- a (töltés) transzportveszteségek minimalizálásától.

A második követelmény részletes szemléltetésére a 10. ábra szolgál.

Az „eltemetett csatornában” levő töltés maximális érték esetében sem kerülhet a Si-határfelülettermek közelébe; ez megszabja az (implantációval megvalósított) adalékolás alsó korlátját. A felső korlátot a töltésdetektor üzemi feszültsége (15 V) szabja meg.

Mindezekből következik, hogy nemcsak az adalékolás mértékének, hanem az adalékolási profilnak is csak igen szűk határok között szabad ingadoznia. Mivel magán az áramkörön végzett mérések nem szolgáltatnak erre vonatkozó információt, külön MOS-kondenzátort, valamint megfelelő méréstechnikát kell kidolgoznunk (11. ábra).

Ezt a MOS-kondenzátort az alább felsorolt rétegek képezik:

- Al
- poli-Si
- gate-szigetelő
- adalékolt tartomány

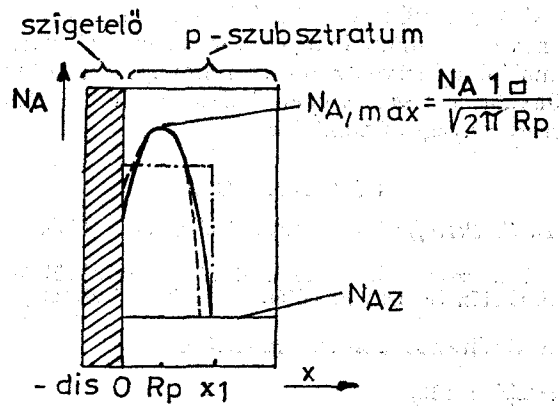
A CV-módszérrel nyert mérési értékeket kiíróval ellátott számítógéppel ábrázolva, a 12. ábrán bemutatott görbéket kapjuk.

A megvalósított implantációs dózisokat a területek planimetrlásával határozzuk meg, illetve Gauss-eloszlás feltételezésével számítjuk ki. Az adalékolási profilból és a csatornapotenciálnak a gate-feszültségtől való (méréssel meghatározott) függéséből kiszámítható a maximálisan transzportálható töltésmennyiség. A gyártástechnológiai műveletek során kialakított struktúrán ugyancsak meg lehet határozni ezt a töltésmennyiséget. A két érték összehasonlítása útján következtetni lehet a technológiai struktúrában megvalósított potenciáeloszlásra. Míg a nagy felületű teszt-áramkörben a potenciál gyakorlatilag egydimenziósan meghatározott mennyiség, addig a gate-elemek nélküli technológiai struktúrát kétdimenziós effektusok módosítják (12. ábra).

A fentiekben leírt vizsgálatokat a töltéscsatorna L110 C típusjelű szenzorsor fejlesztési munkálatai keretében végeztük. Ezen áramkör jellegzetes paraméterei:

- telítési kimeneti feszültség  $U_{SAT} = 200 \text{ mV}$
- átlagos sötét-jel  $ADS = 10^{-3} U_{SAT}$
- dinamika 500
- érzékenység  $S = 0,4 \frac{\text{V}}{\mu\text{J}/\text{cm}^2}$

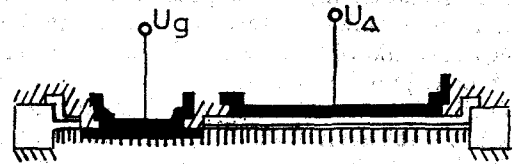
Fényérzékelőinek száma 256, mérete egyenként  $13 \mu\text{m} \times 17 \mu\text{m}$ . 18 pólusú duáltakba szerelik a chipet. A szenzorsor csatlakozó áramköreivel együtt egy új építőelem-család első tagjának tekinthető. 1981 óta gyártja — Q minőségű árujellel kitüntetett termékként — a VEB Fernsehelektronik (Berlin).



- Gauss-közelítés
- valóságos elosztás
- téglalap-közelítés

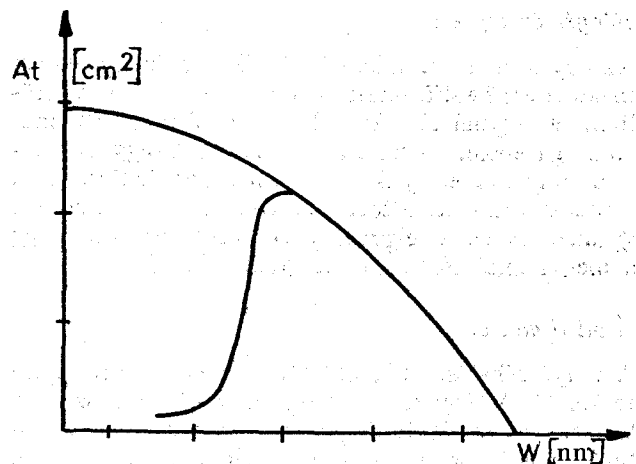
H867-10

10. ábra. Adalékolási profil



H867-11

11. ábra. MOSC teszt-struktúra



H867-12

12. ábra. Adalékolási profilok

## 5. Végkövetkeztetések

Az eddigi munkánk során nyert tapasztalatok szerint megállapítható, hogy folyamatellenőrző méréstechnika bevezetésének és következetes alkalmazásának eredményeképpen a megmunkálás fogyatékoságai már az I. ciklus-szelet technológia lépéseiben felismerhetők. Ez lehetővé teszi egyrészt az egyes technológiai lépések közvetlen vezérlését, másrészt — a folyamatból való, idejekorán történt kiiktatással — annak elkerülését, hogy további, felesleges megmunkálással gyártási kapacitást pazaroljunk. Mindez

szükségképpen kihozatali hatásfokcsökkentésre vezet, de növeli a működőképes termékek arányát. A technológiai, illetve az áramkörökre specifikus hibák különválasztásával egyben lehetővé válik a hibaelemzés lényeges finomítása.

## I R O D A L O M

[1] D. S. Perloff: Solid State Technology, 2/80.

(A cikk szerzőinek kérésére az alábbiakban közöljük az L 110 C előzetes ismertetőjének néhány részletét.)

### L 110 C töltéstovábbítású érzékelősor

(fejlesztés alatt)

Az L 110 C töltéstovábbítású érzékelősor monolitikus önkiolvasó fényérzékelő, amely 256 elemet tartalmaz.

Alkalmazási területéi: az optikai jelfelismerés, a nagy érzékenységű és nagy sebességű képolvasás, pl. szövegoldal-olvasó berendezésekben, gépezérlő berendezésekben, a spektroszkópiában, a szél- (határvonal) letapogatásban, a térképészetben, valamint a tudomány, a technika és a termelés sok más területén.

Az egy sort alkotó 256 elem felfogja és elektromos töltéssé alakítja a fotonokat.

Az érzékelősoron felül az L 110 C-lapka még tartalmaz két töltésátviteli gate-et, 2 kétfázisú analóg-léptetőregisztert, egy töltésetektáló fokozatot és egy kompenzáló fokozatot.

### A működés leírása

#### Fényérzékelő rész

Az egy sorban elrendezett 256 fényérzékelő elemet meanderes, bediffundáltatott elválasztócsatorna különíti el egymástól. Az átlátszó polikristályos szilícium gate-eken áthatott fotonok a Si-egy kristályban elnyelődve, lyuk-elektronpárokat keltenek. A fotonok által kiváltott elektronok az elemekben gyűlnek össze. A felgyülemlt töltés lineárisan függ a megvilágítástól és az integrációs időtől.

#### Átviteli gate-ek

A fényérzékelősor két oldalán egy-egy átviteli gate található. A fényérzékelő elemekben felhalmozódott töltésképet az átviteli gate-ek a transzportáló léptető regiszterbe viszik át, mégpedig a páratlan számozású elemekből az A-léptető regiszterbe, a több, páros számozású elemekből pedig a B-léptető regisz-

terbe. Ez a folyamat a léptető regiszter kapcsolás szünet-üzemében zajlik le. A fényintegráció következő fázisa az átviteli impulzusok H1-LO lefutó felével egyidőben kezdődik.

### Töltéstranszportáló léptető regiszterek

Az egyenként 130 elemből álló, kétfázisú analóg léptető regiszterek a fényérzékelősor két oldalán találhatók. Rendeltetésük az, hogy a keletkezett töltésképet elemenként beadagolják a töltésetektálóba. A két léptető regiszter utolsó elemeinek elhelyezése biztosítja a töltés beadagolásának váltakozását olyanképpen, hogy visszkapjuk a töltésképek helyes sorrendjét.

### Töltésetektátor

A töltésképet megfelelő részeinek (a két léptető regiszter által megvalósított) beadagolására a töltésetektátor előfeszített diódája potenciálváltozásokkal reagál. A töltésképpel arányos ezen potenciálváltozások egy MOS-kimeneti tranzisztor gate-elektrodáját vezérlik és ezzel videojelet keltenek az OS ponton. A visszaállító tranzisztor, amelyet egy  $U_{GR}$  visszaállító órajelimpulzus vezérel, a töltésetektáló dióda után-töltésével biztosítja ennek megfelelő előfeszültségét, mielőtt újabb töltésképet érkezne.

### Kompenzációs fokozat

Egy második töltésetektátor, amelyet csak az  $U_{GR}$  visszaállító órajel vezérel, a CS és CW kimeneten olyan jelet kelt, amelynek alakja hasonló a videojelben meglévő visszaállító órajel-impulzusokéhoz. Ezt a jelet arra lehet felhasználni, hogy külső differenciálerősítőben elnyomja a videojel visszaállító órajel-impulzusait.

### Alkalmazás elvei

Az L 110 C-vel végzett minden letapogatási eljárás alapelve: a kép felbontása sorokra. A tárgy képét a CCD-sor előtt el kell vezetni, vagy más úton relatív elmozdulást létrehozni.

### Műszaki adatok (kivonatossan)

Fényérzékelő elemek egyenkénti mérete  $13 \mu\text{m} \times 17 \mu\text{m}$

Fényérzékelő elemek középeinek távolsága egymástól  $13 \mu\text{m}$

Specifikációs adatok ( $\theta_a = 25^\circ\text{C}$   $i_{GR} = 1 \text{ MHz}$ )

Telítési kimeneti feszültség

Átlagos sötét-jel

Világos-jel-differencia

$$\text{Dinamika DR} = \frac{H_{e, \text{sat}}}{\text{NEE}}$$

Sötét-jel-differencia

Érzékenység (A-típusú normál-fényforrás:  
 $1 \text{ lx} = 4,65 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ )

Telítési besugárzás  
( $t_{\text{int}} = 1,94 \text{ ms}$  esetén)

	min	tipikus	max	
$U_{\text{sat}}$	100	200	—	mV
ADS	—	0,1	1%	( $U_{\text{sat}}$ )
PRNU	-6	$\pm 4$	6%	( $U_{\text{sat}}$ )
DR	330	500	—	
DSNU	—	1,0	2,0	%
S	0,2	0,4	—	$\frac{V}{\mu\text{J}/\text{cm}^2}$
$H_{e, \text{sat}}$	—	0,5	1,5	$\mu\text{J}/\text{cm}^2$

*Egyéb adatok*

	Tipikus értékek		
Zajekvivalens besugárzás ( $t_{int} = 1,94$ ms; A normál-fényforrás) $E_{NEE} = 0,11$ lx	NEE	$1 \cdot 10^{-3}$	$\mu\text{J}/\text{cm}^2$
Zajfeszültség (csúcstól csúcsig)	$U_N$	300	$\mu\text{V}$
Közepes jel-offset-változás	RSO	0,2	mV/ms
Érzékenység hullámhossztartománya (max: $0,65 \mu\text{m}$ -nél)	SR	0,45 – 1,05	$\mu\text{m}$
Visszaállító órajel amplitúdója	$U_{OS}$	550	mV
Kompenzációs órajel amplitúdója	$U_{CS}$		(egyenáramú komponens kb. 5 V)
Léptető regiszter órajelének max. frekvenciája	f G 1A/1B	5	MHz
	f G 2A/2B		
Visszaállító órajel max. frekv.	$f_{GR}$	10	MHz
Kimeneti impedancia	z	1000	$\Omega$
Üzemelési hőmérs. tartomány	$\theta_a$	-25...55 °C	
Tárolási hőmérs. tartomány	$\theta_{stg}$	-25...100 °C	