

MIKROELEKTRONIKAI VÁLLALAT
Budapest, IV. Fóti út 56.

Kovács Tibor

SZAKDOLGOZAT-JAVASLAT

a Kandó Kálmán Villamosipari Műszaki Főiskola, Mikroelektronika, alkatrész- és készüléktechnológia szak részére.

Feladat: Fotolitográfiai felbontó képességet elektromos módszerrel kiértékelő alakzatok tervezése.

Részletezés: A félvezető elemgyártó technológia legjellemzőbb paramétere a biztonsággal leképezhető méretek alsó határa. A litográfiai technológia helyes beállításának időszakos és folyamatos ellenőrzése a felbontóképesség vizsgálatával kezdődik. Ennek eldöntése mikroszkópos átnézéssel nagyon fárasztó, és időnként nem is megbízható. Készítendő olyan mérőábra rendszer, amelynek segítségével elektromos műszeres módszerekkel könnyen, gyorsan és főleg egzakt módon meghatározható a felbontóképesség.

Konzulens: Rózsahegyi Csaba okl. vegyészmérnök
Munkahelye: Elemgyár
Tel.szám: 691-100/190

~~Kovács A.~~ He A'

S Z A K D O L G O Z A T

1986.

Király Tiber

F-4/86.

T a r t a l o m j e g y z é k .

1.	Bevezetés	. . . .	6 oldal
2.	Irodalmi áttekintés	. . . .	9 "
2.1.	A felbontó képesség fogalma	. . . .	9 "
2.2.	A fotolitográfiai felbontó képességet meghatározó tényezők	. . . .	11 "
2.3.	A felbontó képességet növelő újabb eljárások	. . . .	26 "
3.	Üzemi tapasztalataim	. . . .	28 "
3.1.	A Mikroelektronikai Vállalatnál eddig használt ellenőrzési módszerek	. . . .	28 "
3.2.	Lehetőségek az elektronikus ellenőrzésre	. . . .	37 "
4.	Javaslataim	. . . .	41 "
4.1.	Mérőábrák és értékelésük, javaslat a felhasználásukra	. . . .	41 "
4.2.	Kiértékelő áramkör	. . . .	49 "
4.3.	Összefoglalás	. . . .	57 "
	Irodalmi hivatkozások	. . . .	59 "

1. Bevezetés.

Szakedolgozatomban a félvezető technológia egyik nagyon fontos területével, a fotolitográfiával foglalkozom. A félvezető technológiában ma a legelterjedtebb a planár technológia. Ez a technológia azon alapszik, hogy a Si szelet felületén különböző anyagu és rajzolatú rétegeket hozunk létre. Tulajdonképpen ezeknek a rétegeknek fázishatáraiban lejátszódó fizikai folyamatokon alapszanak a félvezető eszközök /dióda, tranzisztor, IC./ működése. A rétegek rajzolatát a fotolitográfia segítségével alakítjuk ki. A fotolitográfia olyan anyagokon alapszik, melyeknek fény /vagy valamely más sugárzás/ hatására megváltozik az oldhatósága. Az ilyen anyagokat fotorezisztnek nevezük. A fotoreziszt két csoportba sorolható:

- negatív - fény hatására oldhatósága csökken;
- pozitív - fény hatására oldhatósága nő.

A gyártás-technológia nagyon fontos jellemzője a felbontó képesség. A felbontó képességgel azt mérjük, hogy milyen finem ábrát tudunk kialakítani. A felbontó képesség meghatározásánál nemcsak arra kell tekintettel lennünk, hogy maximálisan milyen felbontó képességet tudunk elérni, hanem arra is, hogy ez a felbontás biztonságosan reprodukálható legyen.

A felbontó képesség több okból is meghatározó szerepet játszik. A felbontó képesség határozza meg, hogy adott chip felületére hány elemet tudunk integrálni. A kialakított elemek fizikai mérete kihat a működési sebességekre is, valamint a szükséges felvett teljesítményre is. Egy elemgyárat ma általában azzal jellemezzük, hogy milyen felbontású technológiával rendelkezik.

Feladatomban képezi, hogy megvizsgáljam a fotolitográfia során a felbontást meghatározó tényezőket. Ezt a fotolitográfiai műveleteket végigkísérve teszem meg. Áttekintem milyen új eljárások jelentek meg, melyek javítják a felbontó képességet.

Megvizsgálom, hogy eddig milyen felbontásvizsgálati módszereket alkalmaztak a MEV-ben. A szakirodalomból is összehasonlítok néhány felbontásvizsgálati módszert.

A szakirodalomból megvizsgálom, hogy milyen elektromos módszereket alkalmaztak felbontásmérésre. Kidolgozok több kiértékelő ábrát, a különböző rétegek, illetve alakzatok vizsgálatához. Az ábrák értékeléséhez kidolgozok kiértékelő ábrákat, melynek működését részletesen ismertetem. Megvizsgálom, hogy milyen lehetőség van a mérőábra kiértékelésére a már meglévő szeletmérő automatákon.

Az elektromos méréssel történő felbontásnak több előnye is van a hagyományos szemmel való átnézéssel szemben. Kiszűri a szubjektív emberi hibát. Elektromos módszerrel könnyen, gyorsan és egyszerűen egyszerre több száz mérőalakzatot is ellenőrizhetünk, ami növeli mérésünk megbízhatóságát.

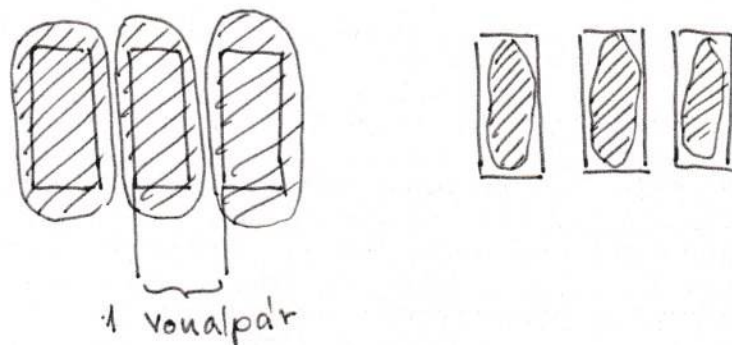
Ezek csak egyetlen egy chip-nyi területet foglalnak le a szeletről.

2. Irodalmi áttekintés.

2.1. A felbontó képesség fogalma.

A felbontó képességgel az ábra kialakítás finomságát jellemozzuk. A fotofilmekekhez hasonlóan, adott távolságon /pl. 1 mm/ egymás mellé leképezhető vonalpárok számával jellemzik. /1., és 3. irodalom szerint./

A gyártás során ez nem kielégítő szemadot, mert a kialakult csikok ugyan jól kivethetően előhívottak, de előfordulhat, hogy a kialakított ábrák jelentősen eltérnek a maszkon található ábrától /lásd 2.1/1 ábra/.



2.1/1 ábra.

Mindkét ábra elő van hívva, de a gyakorlat követelményeit nem elégíti ki. Ezért a gyakorlatban a leképezhető csikézélesség a mérvadó. /7. irodalom szerint/.

A felbontó képességnél fontos megemlíteni, hogy megfelelően kézbentartott "kihagyozott" technológiával elért és a gyártás során megfelelő kihozataalt biztosító, biztonságosan reprodukálható felbontás között különbséget kell tenni. Tömeggyártás esetén, a beállított technológia folyamatos ellenőrzésére alkalmas különösen az elektromos ellenőrzési módszer, mint a későbbiekben kifejtem.

A felbontó képességünk igen sok tényezőtől függ. A lakk felbontó képessége lényegesen jobb mint a technológia által lehetővé tett felbontás /8. irodalom szerint/.

Ettől függetlenül meg kell ismerkedni a lakk összetevőivel, hogy megérthessük a lakkban végbemenő folyamatokat.

2.2. A fotolitográfiai felbontó képességet meghatározó tényezők.

2.2/1. A lakk összetevői.

- A gyanta.
- A fényérzékenyítő anyag.
- A színező anyag.
- Az oldószer.

A lakk alapvetően valamely fényérzékeny műgyantából áll, melyet oldószerrel teszünk folyékonná. A gyanta fény hatására /sugárzó energia/ térhálósodik, vagy pedig elbomlik, másképpen oldhatatlanná, vagy oldhatóvá válik egy megfelelő speciális oldószerben, melyet hívónak nevezünk.

Az oldószer főleg a viszkozitást befolyásolja. Fontos megemlíteni, hogy más oldószert használunk hígításra, és a lakk eltávolítására. Az oldószer befolyásolja a filmképzést, az egyenletes terülést, a felület nedvesítését, a bőrösödést és a viszkozitást.

A filmképző tulajdonság azt jelenti, hogy az eltekített reziszt összefüggő, egyenletes réteget képez.

A viszkozitás fontos tényezője a lakknak. A rétegvastagság egyéb tényezőkön kívül a viszkozitásnak közvetlen függvénye. A viszkozitást befolyásolja az oldószer mennyisége és a hőmérséklet.

Egyes rezisztéknél a polimer maga nem fényérzékeny, fényérzékenyítő anyag - aktivátor - hozzáadásával tehető fényérzékennyé.

Egyes lakkokban található színező anyagok is. Vannak lakkok melyek étlátezők, és ezért színezik őket, hogy a lakkábra pozicionálásának ellenőrzését megkönnyítsék; másrészt, hogy a lakk fényátbocsájtó képességét csökkentsék. Így a visszavert, vagy azórt fénysugarak intenzitását olyan mértékig csökkentsük, mely már nem vált ki kémiai reakciót a rezisztből.

2.2/2. A szelet előkészítése.

A szeletek tisztaságára mindig nagy gondot fordítunk. A fotolitográfiai műveletek előtt célszerű egy mosási művelettel megtisztítani az esetleges szennyeződéstől. Rögtön a következő probléma, hogy a lakkozás előtt víz még nyomokban sem maradhat a szelet felületén, mert ez a lakk tapadását erőteljesen lerontja és tönkreteszi az egész szeletet. Ezért a szelet mosása után 200-300°C szárítást alkalmaznak, melyen minden víznyom eltávozik. Ez megoldható szárítószekrényben, vagy folyamatos átbocsájtású /futószalagos/ csőkályhában.

A szeleteket gyakran kezeljük a lakk tapadását növelő anyagokkal. Ezeket az anyagokat főleg pozitív lakkokhoz alkalmazhatjuk.

2.2/3. A lakk felvitele.

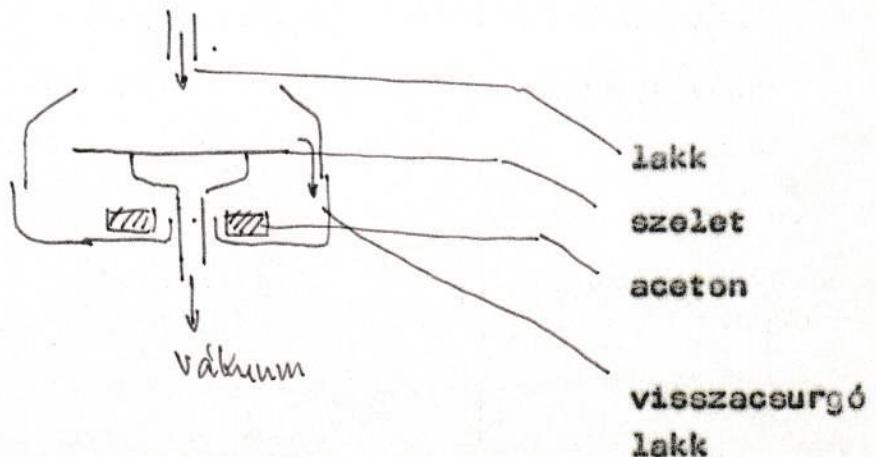
A lakk felvitelét először is két lépésre bontanám:

- lakk felöntése,
- lakk egyenletes elterítése centrifugálással.

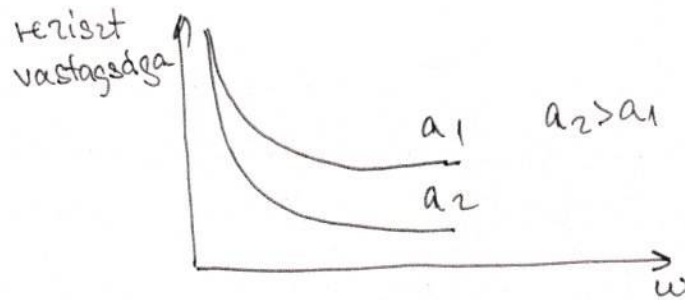
A lakk felvitelére több módszer is van. A lakkot felvihetjük csepegtetve, csurgatva, kenve, porlasztva.

A félvezető technológiában általában a csurgatásos eljárást alkalmazzák. Mindig jóval több lakkot használnak, mint amennyi a tulajdonképpeni bevonatot adja, mert az a cél, hogy a lakk a teljes felületet egyenletesen fedje le.

A felvitel módja az szerint is változik, hogy álló, vagy forgó szeletre visszük fel a lakkot.



2.2/1/a. ábra. A centrifuga.



2.2/1/b. ábra. Centrifuga karakterisztika.

Következő lépés a centrifugálás /lásd 2/2/1/a. ábra/. Tulajdonképpen már a centrifugában történik a lakk felöntése. Centrifugálással alakítjuk ki a rétegvastagságot. A centrifugálás során fellépő erő hatására a lakk először elterül a felületen, majd a szélére érve a felesleges mennyiség leesodródik a szeletről. A lakkozó centrifugáknak több működési tartománya van. Először beállítható a lakk felöntése közbeni fordulatszám /200-1200/. Következő művelet a terítés.

Ezután következik a nagy fordulatszámú tartomány, mely kialakítja a lakkvastagságot. A precízebb centrifugán azt is be lehet állítani, hogy milyen gyorsulással érje el ezt a fordulatszámot. /2000-10000/. A gyorsulás hatása a 2.2/1/b. ábrán látható.

A centrifugálás szakaszainak időtartama is fontos tényező, mert a centrifugálás közben a rétegből nagyrészt távozik az oldószer. Az oldószer távozásának sebessége meghatározza a kialakuló réteget.

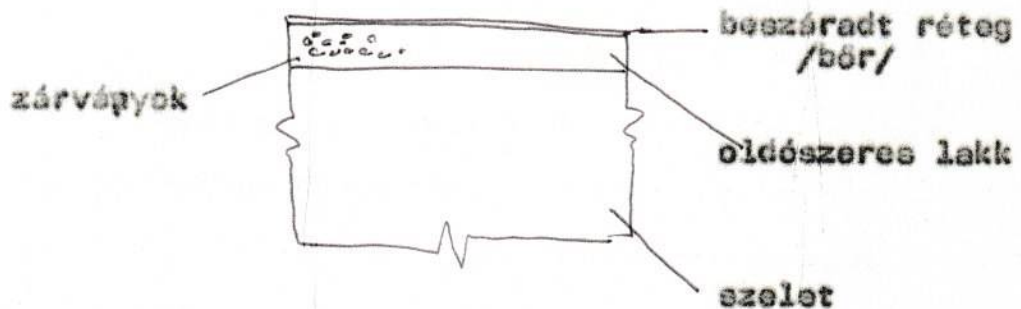
Egy ügyes fogással /lásd 2.2/1/a. ábrán/ oldószer gőzben végezzük a centrifugálást, ami elősegíti az egyenletes terülést.

Általában egy félvezető gyár egy adott lakkhoz állítja be összes berendezését. Új lakk esetén, egymással összhangban, a lakkhoz kell állítani kísérleti úton

- a lakk adagolását /mennyiség, időtartam/,
- terítési fordulatszámot, időt,
- centrifuga gyorsulását,
- oldószer párolgási körülményeit,
- és figyelembe kell venni a felület minőségét is.

2.2/4. Száritás.

A lakkból felöntés közben az oldószer nagy része távozik ugyan, de a rezisztréteg még jelentős mennyiséget tartalmaz belőle. Ez a rezisztréteg még nem használható; például hozzátapadna a maszkhoz, fényérzékenysége kicsi, stb. A száritást melegítéssel oldjuk meg. Száritószekrényes és infrakályhás megoldás terjedt el. Ujabban egyre többször használják az ugynevezett "meleg lapot" is. A száritás hőmérsékletét lakktípushoz előírják, általában 80°C . A hőmérséklettel vigyáznunk kell, nagyobb hőterhelésnél a reziszt térhálósodhat, az ábra előhívhatatlan lesz. Továbbá intenzív száritás a lakk bőrösödését okozhatja. /lásd 2.2/2 ábra/.

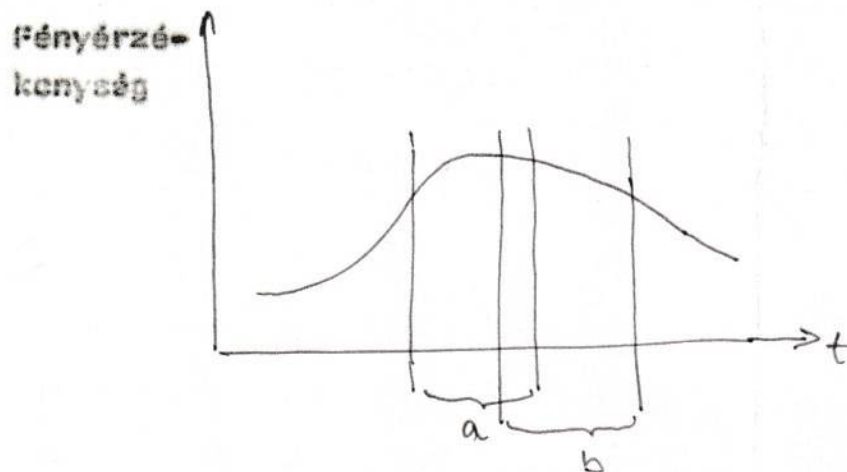


2.2/2. ábra

Az ábrán láthatók zárványok, melyeket bennrekedt oldószer okozhat. Ilyenkor vagy alacsonyabb hőmérsékletet használunk, vagy például a szellet hátoldá-

lát helyezzük az infrásugárzó irányába. Ilyenkor először a lakkréteg mélyen fekvő része kezd melegedni, vagyis innen távozik el először az oldószér.

A hőkezelés ideje alapvetően befolyásolja a reziszt fényérzékenységet. Ezt mutatja a 2.2/3. ábrán látható grafikon.



2.2/3. ábra

Látható, hogy a hőkezelés idejével beállíthatjuk a lakk fényérzékenységet, "a" betűvel jelöltem a legérzékenyebb tartományt. A "b" betűvel jelölt tartomány viszont a legjobb felbontóképességű reziszt réteget adja. Legcélszerűbb a két tartomány közös részén dolgozni.

2.2/5. A rezisztivel bevont szelet megvilágítása.

Ma a felbontás alapvetően a megvilágítástól függ, ha a fotolitográfiához korszerű technológia kapcsolódik /ionimplantáció, ionmarás/. Ezt a fejezetet alapvetően a 8. irodalom alapján írtam.

A megvilágítás az illesztő-megvilágító berendezésben történik. A berendezés alkalmas egyrészt a megvilágításra, másrészt, ha a szeleten már elkészítettünk valamely ábrát, akkor a maszk megfelelő pozicionálására is.

Fényre háromféle illesztő rendszer alakult ki:

- Kontakt /2.2/4. és 2.2/5 ábra/
- Térközös /proximity/
- Vetítés /2.2/6 ábra/
 - 1 : 1
 - Lépkedés

További felbontás növelés: /1 μ m alatt/

- Elektronugaras litográfia
- Röntgenugaras litográfia /2.3 fejezetben található/.

Elsőként a hagyományos kontaktillesztő berendezést tekintem át. A kontakt illesztő részei:

- speciális két objektives mikroszkóp,
- szelettartó asztal
- maszk tartó
- megvilágító egység.

A berendezés úgy működik, hogy a szelettartóra vákuummal rászorítjuk a szeletet, a maszk alá, 10-50 μm -re emeljük /ez a mikroszkóp mélységélességétől függ/. A szelettartóasztal mozgatásával illesztjük a szeleten már meglévő ábrát a maszkon lévő ábrához. Az illesztést a szeleten és a maszkon található illesztő ábrák segítik elő. Itt kerül alkalmazásra a két objektives mikroszkóp. Amivel a szelet két különböző pontján ellenőrizhető a pozicionálás egyidőben. Ha a vizsgált két, egymástól elég távoli pontban egyidejűleg jó az illeszkedés, akkor az egész szelet felületén is jónak kell lennie. Ezután a szeletet vákuummal, vagy nitrogén árammal a maszkhoz szorítjuk, majd nagynyomású higgyangósz lámpa segítségével megvilágítjuk.

A kontaktillesztők kb. 2-3 μm méretű ábrák leképezésére alkalmasak, pozicionálási pontosságuk 0,5-2 μm .

Előnyük az egyszerű felépítés, hátrányuk, hogy a maszkok gyorsan piszkolódnak, roncsolódnak.

A maszkok sérülését csökkenti a kontaktillesztők ugynevezett proximity üzemmódja. Itt a szelet és a maszk nem érintkezik a megvilágítás alatt sem.

A leképezhető legkisebb méret $5 \mu\text{m}$ és illesztési pontossága $1,5 \mu\text{m}$. Itt jelentkeznek állóhullámok a szelet és a maszk között. Ezt a problémát többféle módszerrel megoldhatjuk /pl. több fényforrás/.

A vetítő illesztő lényegesen összetettebb rendszer. A vele elérhető legkisebb méret kb. $1 \mu\text{m}$, illesztési pontossága $0,5 \mu\text{m}$. Az illesztés a szelet mozgatásával történik, sárga fényenél. A megvilágítás szintén Hg-gőz lámpával történik.

Az objektív rendszer hibája, hogy a fény spektrum egyes összetevőit nem azonos szögben törí /gondoljunk a prizma-ra/. Ez a felbontó képességünket csökkenti. Ez javítható szűrővel, de a szűrő csökkenti a fényerőt. A jobb megoldást a tükrök felhasználó berendezések jelentik, a tükrök minden hullámhosszúságú fényt azonos szögben vernek vissza.

A vetítő illesztő speciális kivitele, amikor direkt a szeletre történik a léptetés. Vagyis a maszknak egy 5-10 ezres nagyítású, első felvétel szolgál, és ezt léptetve kerül a szelet megvilágításra. Az illesztés elektronikus kiértékelés alapján történik. $0,5 \mu\text{m}$ -os felbontás és $0,1 \mu\text{m}$ -os illesztés érhető el. A lencsék egyszerűbbek és nem korlátozza a szelet méretét a széleken fellépő élességromlás.

Elektroncugaras megvilágító teljességgel eltér az optikai megvilágítoktól. Mint az ábrán is látható van egy külön letapogató rendszer a maszkhoz, és egy külön elektronoptikai rendszer szolgál a szelet "megvilágításához". Ennek az eszköznek a felbontása $0,1 \mu\text{m}$. Az elektroncugár $1,5 \times 1,5 \text{ mm}$ területen mozgatható, nagyobb területen a szeletet léptetik. Sajnos az eljárás nagyon időigényes.

Az 1. számú irodalom leír egy olyan elektronlitográfiai rendszert is, melynél speciális maszkot alkalmaznak. A maszk anyagát ultrahibolya fénnel megvilágítva, belőle elektronok lépnek ki. A vetítést koaxiális elektrosztatikus és mágneses térrel oldják meg.

Meg kell említenem, hogy minden megvilágítás /fény, ion, elektron, röntgen/ más-más típusu fotorezisztet igényel. Csak megemlítem, hogy elektronlitográfiához pozitív rezisztként például a közismert plexi is alkalmas.

2.2/6. Előhívás.

A reziszttek anyagánál már szóba kerültek a hívók. Általában a reziszttekhez forgalmaznak megfelelő hívószert is. Hívás során ügyelni kell, hogy minden ablakból kioldódjon a lakk. A konturok legyenek élesek. A szeleten maradt lakkréteg ne változtassa tulajdon-

ségeit /ne duzzadjon, ne torzuljon, ne vékonyodjon, ne lyukadjon ki stb./ A pozitív lakkok hívása kémiai folyamat, így a sebesség a hőmérséklet függvénye, ezért temperálni kell a hívószert.

A hívásnak többféle módja lehetséges. Kádban történik a hagyományos nedves kémiai hívás. Ennek továbbfejlesztett változata a tócsában hívás. Ez gyakorlatilag úgy valósítják meg, hogy a szeletet a centrifugába helyezik. Felületére kevés hívószert fecskendeznek /"tócsát" képeznek/, majd egy meghatározott idő múlva centrifugálással eltávolítják a használt hívószert. A művelet többször is megismétlik. Lehetséges a hívás a hívószert csurgatásával is. A hívószert rá is porlaszthatjuk a szeletre. Itt a hívószert kinetikus energiája is közrejátszik a marásban. Ez az eljárás főleg negatív lakkoknál használható.

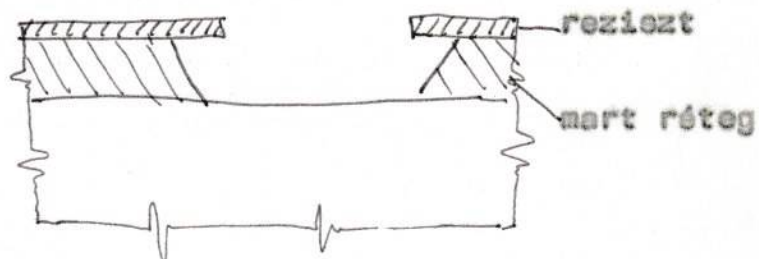
2.2/7. Beégetés:

A beégetés alapvetően nem befolyásolja a felbontóképességet. Feladata, hogy a kialakított lakkábrát stabilizálja, kémiai ellenállását fokozza. A beégetés általában 120°C környékén történik. Arra azonban vigyázni kell, hogy a lakkot túl ne égessük,

mert akkor a marás elvégzése után nem tudjuk eltávolítani, ezzel az egész szeletet tönkreteszük.

2.2/8. Marás.

Adott rétegből kémiai marás segítségével alakítjuk ki a kívánt ábrát. A kémiai folyamat sebességét alapvetően meghatározza a reakció sebesség, a hőmérséklet, az anyagtranszport, felület nedvesítése, abzorpció stb. A marás minden irányban folyik, ezért a védő reziszt rétegnél ugynevezett alámarás keletkezik. /lásd 2.2/8. ábra/.



2.2/8. ábra

Az alámarás csökkenti a felbontó képességet. Alapvetően Si, SiO₂, Si₃N₄ és különböző fémrétegek marása a feladat. A SiO₂ - lehet kristályos vagy üveges szerkezetű - nagyon stabil, ellenálló anyag. Ezért marása csak a legagresszívebb marószerekben lehetséges. SiO₂ marása HF-ben lehetséges. Si mará-

sakor a Si-et először oxidálni kell, erre szolgál pl. a HNO_3 . A marók tartalmazhatnak pufferoló anyagokat is. Ezzel, valamint a pH beállításával a marási sebességet lehet kézben tartani. A HF nagyon veszélyes. Ezek az oldatok roppant veszélyesek, kezelésük nagyfokú óvatosságot, és a munkavédelmi óvórendezebályok maximális betartását teszik szükségessé. A marókeverékekhez megadják, hogy mekkora a marási sebességük, mégpedig $\mu\text{m}/\text{min}$ -ben. A marás sebességét lehet növelni a koncentráció növelésével, hőmérséklet emelésével, illetve a marószer keverésével, keringtetésével.

A marásnak van egy újabb változata a plazmás marás. A plazmás marás lényege, hogy rádiófrekvenciás tér segítségével plazmát hozunk létre. A kémiaiilag aktív gyökök marják a felületet. Legnagyobb előnye, hogy jóval kisebb az alámarás, mint a nedves kémiai módszerénél, a felület nedvesítési problémák, kapilláris hatása nem jelentkezik, tehát ablakhü az ábra kialakítás. Az sem utolsó szempont, hogy környezetbarát eljárás.

Egy másik változat az ion marás. Itt ionokkal bombázzuk a felületet, és a marandó réteg atomjait az ütközések energiája kilöki, leporlasztja. Ez az eljárás nem anyagezelektív, marja a maszkoló réteget is, de ugyanakkor mivel a becsapódó ionok párhuzamosan érkeznek, a maró partfalak egyenesek lesznek, nincs alámarás.

2.3. A felbontó képességet növelő újabb eljárások.

A felbontó képességünk növeléséhez, az integráltság mértékének fokozásához, egyre jobb minőségű technológiákra van szükség. Ebben a fejezetben, tulajdonképpen nem teljesen új technológiákról beszélek, nagy részüket már alkalmazzák a félvezető gyártásban. Ezek a technológiák nem szorítják ki a már "klasszikussá" vált technológiákat /pl. diffúzó/, mindegyiknek megvan a maga saját alkalmazási területe. Az új technológiák alkalmazása drága, és csak akkor kifizetődő, ha tényleg nagy felbontást kell elérnünk.

A 2.1. fejezetben a technológiai sorrendet követve ismertettem a fotolitográfia lépéseit. Az új technológiák ismertetésénél is ezt a metodikát követem.

A lakk maga általában nem korlátozza felbontó képességünket. A lakk felbontó képessége lényegesen jobb, mint amit a technológiai sorunk biztosít. Egészen a lakk felviteléig és beszáritásáig nem alakult ki a "klasszikus" módszerektől eltérő új technológia, a fejlődés berendezések finomításával és mikroprocesszorok automatizálásában látható.

A megvilágítás a felbontás növelésének fő problémáját jelentette, ennek is köszönhető, hogy sokféle új megoldás látott napvilágot. Az elektronsugaras megvilágító berendezést már részletesen ismertettem a 2.2. fejezetben. A hagyományos fényt felhasználó megvilágító

berendezések legfejlettebb változatát úgy néz ki, hogy a vetítés, léptetés illesztő jelenti. A fény felhasználásával azért nem növelhető tovább a felbontó képesség, mert fizikai problémák lépnek fel /hullámhossz összemérhető a rajzolat méretével/. A fejlődés rövidebb hullámhosszúságú sugárzások felhasználásának irányába mutat. Ilyen sugárzás a röntgen sugárzás. Több probléma is felmerült. A röntgensugárzás erőssége jóval kisebb mint a normál fényé. Új rezisztet is ki kellett dolgozni, amely nehéz elemeket tartalmaz a sugárzás elnyelése miatt. Új kutatási területet jelent az ion litográfia. Nagy felbontó képességgel kecsegtet. A rezisztanyagok ionsugárzásra kb. tízszer érzékenyebbek, mint elektronra. Az eljárás megvalósítását nehezíti, hogy ionoptikai rendszerrel nehéz készíteni. A megoldás azzal az előnnyel kecsegtet, hogy egyazon ionsugárás készülékben megoldható a lakk megvilágítása, előhívása és a szelet marása.

A lakkra előhívásánál és a beégetésénél nincsenek új eljárások, ezek tulajdonképpen eddig sem jelentették a felbontó képesség korlátját.

A marás viszont erőteljesen befolyásolja a felbontást. Új marási eljárások jelentősen javították a felbontást. Ezek az új technológiák a plazmás és ionmarás, melyeket a marásnál már leírtam.

3. Őzemi tapasztalataim.

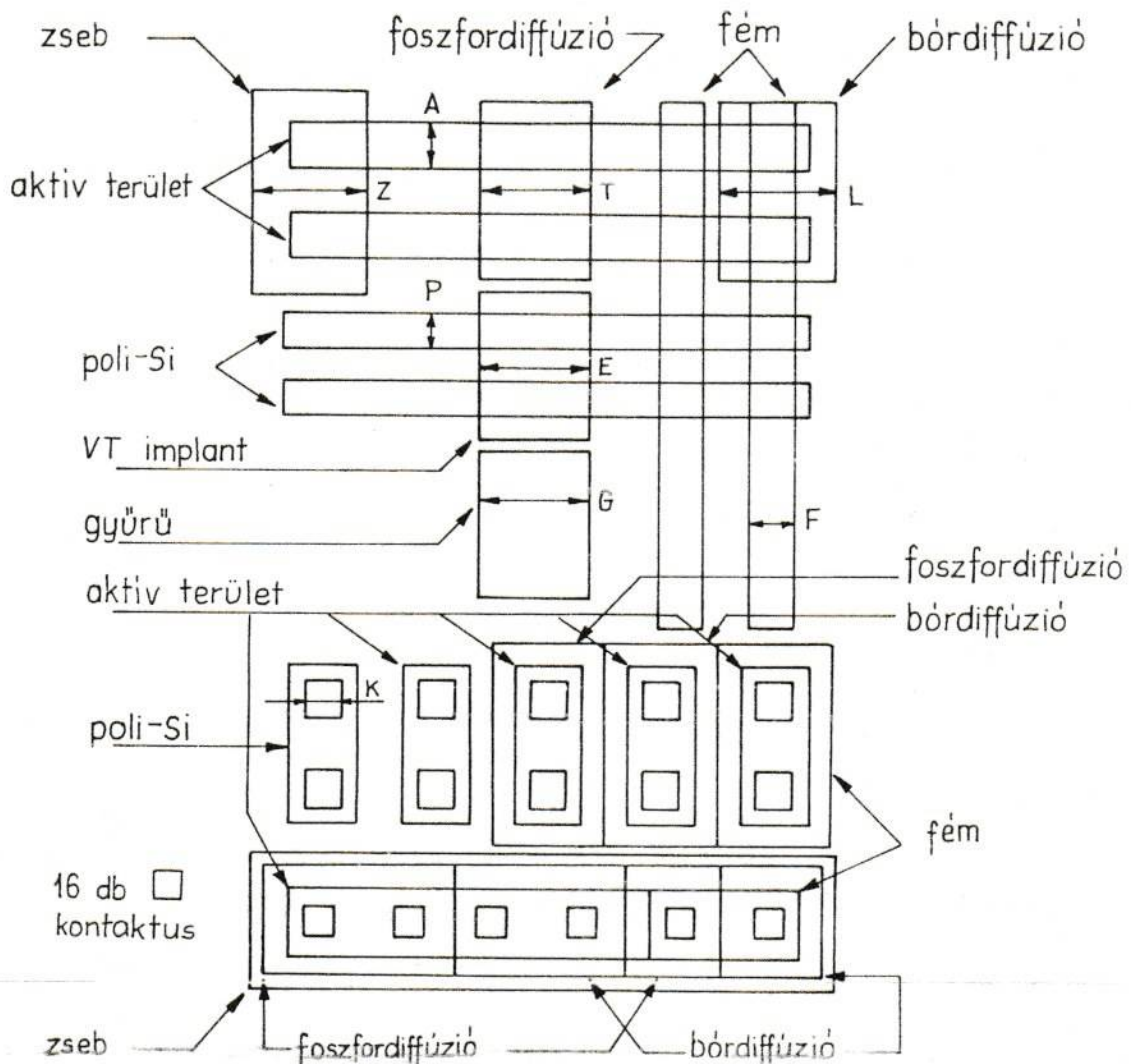
3.1. A Mikroelektronikai Vállalatnál eddig használt ellenőrzési módszerek.

A MEV-ben optikai módszereket alkalmaznak. Különbözőféle felbontásvizsgáló teszt ábrák állnak rendelkezésre, melyek egyre kisebb méretű alakzatokat /vonalcsoportokat/ tartalmaznak. Mikroszkópon keresztül szemmel való vizsgálattal eldönthető, hogy a fotolitográfiánk milyen finomságu ábra kialakítására képes.

A teszt ábrákat rendeltetés szerint négy csoportba osztom. Többségüket a 11. és 12. irodalomból válogattam. Előfordul, hogy ugyan az a tesztmaszk kétszer is előfordul. Ez azért lehetséges, mert különböző cégek termékei, és így mód van összevetni őket. Továbbá van amelyik csoporthoz nagy számú ábra tartozik, ezzel az volt a célom, hogy bemutassam milyen sok változatuk van.

Elő csoportba azokat sorolom, melyek minden egyes chip-en megtalálhatók. Ezek egyszerű alakzatok, objektív mikrométer segítségével ellenőrzik őket. A különböző rétegekből adott szélességű csíkokat alakítanak ki. A csík szélességének adott tűrésen belül kell lennie. /3.1/1. ábra és 3.1/2. ábra/.

ISO-CMOS vonalszélesség mérő alakzat

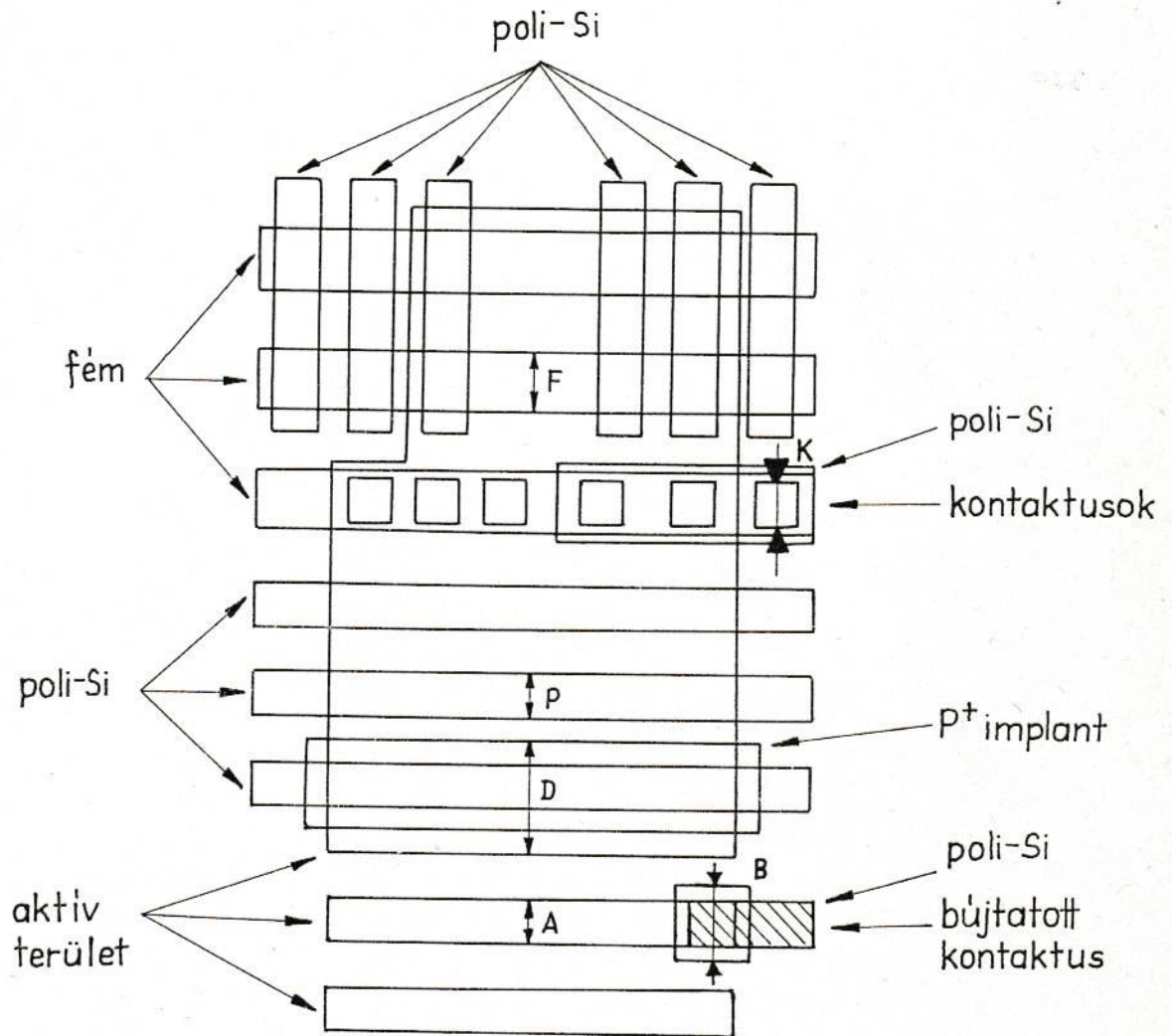


Mérendő:

Álló téglalapok derekának szélessége,
kettős csikok közül a felső ill. a jobboldali szélessége,
avagy a bal felső kontaktus szélessége.

3.1/1. ábra

N-MOS vonalszélesség mérő alakzat



Mérendő:

középső csík szélessége, az ábra hossz tengelyében
avagy a szélső kontaktus szélessége

3.1/2. ábra

A második csoportba azokat a tesztábrákat sorolom
amelyek nagy számú, egyre csökkenő méretű vonalcsopór-
tokat tartalmaznak. Ezen ábrák segítségével ellenő-
rizhető, hogy a fotolitográfiánk mekkora alakzatot
képes reprodukálhatóan leképezni. /3.1/3. ábra és
3.1/4. ábra/.

~~-34-~~ 32

3.1/4. ébra

A harmadik csoportba azokat a tesztábrákat sorolom, amelyek azonos ábrákat tartalmaznak, az egész maszk felületén többször is ismétlődve. Ezek a maszkok alkalmasak a felületben előforduló felbontáskülönbségek, torzítások felderítésére. Ezek segítségével az optikai rendszer helyesen beállítható. /3.1/5 ábra/.

A negyedik csoportba azokat sorol_{om} melyeken azonos ábrák vannak, de mindegyik ábrának eltérő az denzitása /fényátbocsájtó képessége/. Ezek az ábrák az opti-
mális expozíciós idő megválasztását segítik. Egyetlen exponálással egy sor különböző megvilágítottaságu ábrát kapunk. A legjobb minőségű ábrát kiválasztva, rögtön beállítható a pontos érték. Az expozíciós idő korri-
gálása új lakk, vagy eltérő lakkvastagság esetén válik szükségessé. /3.1/6. ábra/.

Az ábrákat úgy is csoportosíthatnánk, hogy milyen időszakokként, milyen körűn használjuk őket. Alapvetően a második, harmadik és negyedik csoportba sorolt ábrákat csak időszakonkénti ellenőrzéshez, vagy új gép, illetve lakk felhasználása esetén használják. Az első csoport ábráit viszont valamilyen formában mindig megtalálhatjuk a chip-ek valamelyik részén. Néha a második típusú ábrák kritikus része is megtalálható. Ezekon az ábrákon található minden rétegből adott méretű csik. Ezeket a csikokat objektív mikrométer segítségével pontosan ellenőrizzük. Egy esetben több chip-en is célszerű ellenőrizni a méreteket. Sőt, gyakran meg kell győződni arról is, hogy az egész felületen egyenletes-e a felbontás. Rendelkezésre áll egy MPVCD nevű vonalszélesség ellenőrző automata is. A berendezés lényege, hogy a mikroszkóp alkotta nagyított kép felett egy optikai rést tolunk át. Egy fotoelektron sokszorozó segítségével figyeljük a résen átjövő képrészletet. A fotoelektron sokszorozó jelét egy mikroprocesszor rendszer dolgozza fel.

Az ember ezeme egy nagyon jó, precíziós műszer. Igazából rá épül a legtöbb optikai ellenőrzési módszer. A MEV-ben került kifejlesztésre egy speciális tesztábra, mely egyszerű ránézés segít-

ségével biztosítja a csikszélesség pontos meg-
állapítását. Az ábra mechanizmusa hasonlít a Nő-
niusz elvre. Az ábra lényege, hogy az egyes vonal-
csoportoknál a vonalak és a köztük lévő rés aránya
eltérő. Az előhívott ábra általában eltér a maszk-
ábrától, kekenyebb vagy szélesebb csikokat kapunk.
Amelyik ábrán a vonal és a rés szélessége megegye-
zik, ott leolvasható pontosan a maszkábrától való
eltérés ~~A~~ irodalom szerint/. Az ábrákat még egy
uteleó nem elhanyagolható szempont szerint is
csoportosíthatjuk. Mégpedig aszerint, hogy a teszt-
ábra egy teljes szelet felületét igénybe veszi,
vagy pedig egy chip egy részére kerül. Ez azért is
érdekes, mivel befolyással lehet az elektromos
vizsgáló ábrának kialakítására. Az első csoportba
sorolt vizsgáló ábrák chip-enként csupán egy kis
helyet foglalnak el. A többi csoportba sorolt ábrát
általában nem használjuk munka maszkokon.

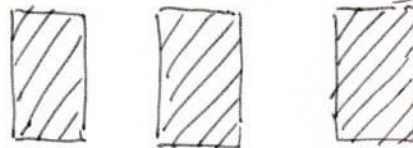
Az elektromos kiértékelő ábra tervezésének szem-
pontjai között szerepel, hogy lehetőleg egy chip
területet foglaljon le, vagy pedig egy már meglévő
egyéb elektromos ellenőrzést szolgáló chip egy
részét képezze.

3.2. Lehetőségek az elektronikus ellenőrzésre.

Elektronikus ellenőrzést tulajdonképpen úgy lehet megvalósítani, hogy két kontaktus közé valamilyen mérőábrát készítünk vezető rétegből.

Három eset különíthető el:

- a./ A kialakított ábra megegyezik a maszkon lévő ábrával /3.2/1. ábra/. Ez az optimális, erre törekszünk.



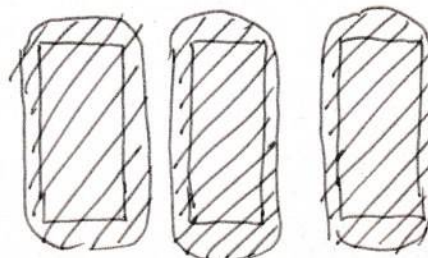
3.2/1. ábra

- b./ A kialakított ábra kisebb mint a maszkábra. /3.2/2. ábra/



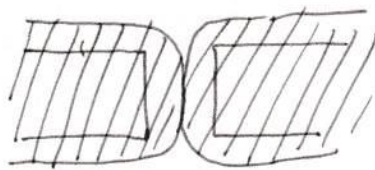
3.2/2. ábra

- c./ A kialakított ábra nagyobb mint a maszkábra. /3.2/3. ábra/

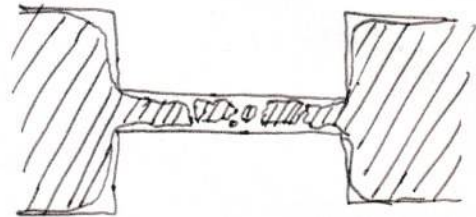


3.2/3. ábra

Elektronikus mérés során az ilyen deformációkat a két kontaktus között ellenállás méréssel tudjuk kimutatni. Pontosabban a két kontaktus közötti ábra /csik vagy rés/ - lásd 3.2/4. és 3.2/5. ábrát - megfelelő méretezésével a deformáció zárlatot, illetve szakadást okoz.



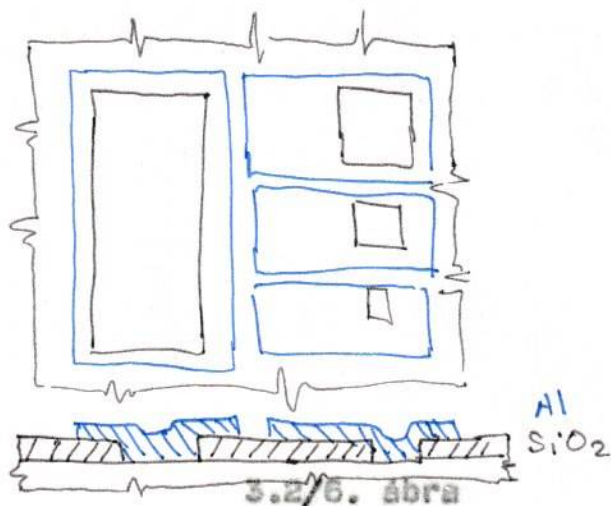
3.2/4. ábra



3.2/5. ábra

Szigetelő rétegeknél komolyabb a probléma. Szigetelő rétegeknél nem lehet az előbb vázolt eljárást alkalmazni. Szigetelő rétegeknél csak közvetett módszerrel mérhetünk. Az eljárás lényege, hogy a rétegben különböző méretű ablakok sorozatát nyitjuk. /lásd 3.2/6. ábra/. Az ablakok fölé fémezünk, és a fémezésből kontaktusokat alakítunk ki. A szigetelő réteg alatt szintén vezető réteg helyezkedik el. A kontaktus és a vezető réteg képezi a két mérési pontot. Köztük ellenállást mérve állapítható meg, hogy az adott méretű ablak kinyílt-e - szakadás esetén nem nyílt ki. - Azt viszont, hogy egy ablak tulságosan is kinyílik nem tudjuk mérni. Csak úgy volna lehetséges, hogy az ablak mellett futtatnánk a szigetelőréteg alatt vezető réteget, de a technológiai pontatlanságok /elcsuszás,

pontatlan illesztésből kifolyólag/, miatt ez nem vezetne objektíven kiértékelhető mérési eredményhez.



Elektronikus felbontás mérésnek van egy szinten ki-
küzöbölhetetlen hátránya, az optikai felbontás-
méréshez képest. Az optikai mérés rögtön a fotoli-
tográfiai helyiségben a lakkábra előhívása után el-
végezhető. Hibás lakkábra esetén a szelet újralakko-
záásra és újabb megvilágításra kerül. Elektronos elle-
nőrzéshez szükeég van valamely réteg marására is.
Hibás ábra marása gyártásban lévő szeleten megenged-
hetetlen, pedig eredeti kitűzések szerint egy olyan
mérőábrát kell kialakítani, amelyik önálló mérőchip-
ként, vagy valamelyik mérőchip részeként kellene ki-
alakítani.

Tehát vagy szükeég van az eddigi optikai, szemmel
történő ellenőrzésre, mely mellett az elektronos
ellenőrzés sajátosabb szolgáltatásokat nyújt,
vagy olyan módzert kell keresni, mely ténylegesen

helyettesíti az óptikai ellenőrzést.

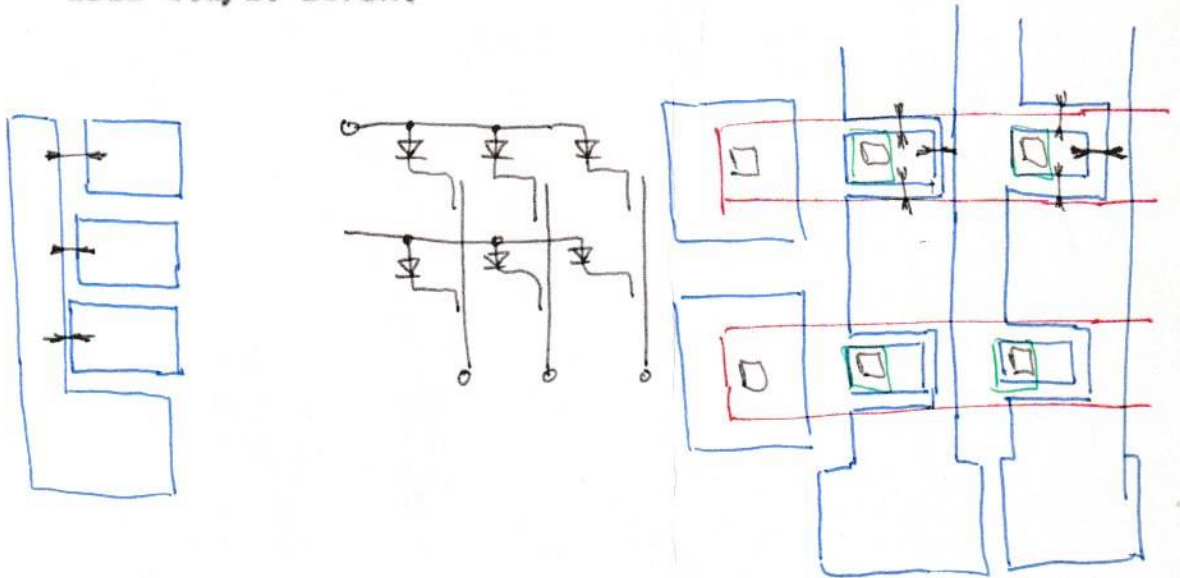
Sajátos többletelőgáltatás lehet, hogy az emberrel kapcsolatos szubjektivitást kizsűri. Az elektromos ellenőrzési módszer alkalmas arra, hogy a mért adatokat közvetlenül a mérőrendszerből számítógéppel rögzítsük. Egyezre tulajdonképpen több ezáz mérő alakzatot értékelhetünk ki, melyek tovább növelik a megbízhatóságot. A mérőalakzatokat nem kell okvetlenül egy chip felületén elhelyeznünk. Göt célszerűbbnek látezik a chip-ek közt lévő utcákban elhelyezni az egész szelet felületén. Így képet nyerhetünk a felbontó képesség felület szerinti változásáról is. Számítógépes adattárolás esetén alkalmas a módszer a maezk elhasználadásának kimutatására is. Ez megoldható úgy, hogyha egy hibás kiértékelő alakzatot találunk, és az minden szeleten ismétlődik, akkor a maezk sérüléséről van szó. Érdemes lenne a mérési módszert arra felhasználni, hogy a fotolitográfia mely lépése okozza a hibás ábrát. Az expozíció idő esetében megoldható különböző denzitásu mérőábrákkal. Az egész felületen a chip-ek közt i utcákban lévő mérőábrák alkalmasak a hibás fókuszálas, technológiai egyenetlenségek felderítésére. A nagy számu teszttábra számítógépes kiértékelésével optimalizálható a maezkok használati ideje.

4. Javaslataim.

4.1. Mérőábrák és értékelésük, javaslat a felhasználásukra.

4.1.1. Rész típusu tesztábra.

A tesztábra mérőalkozatai részek. Az egyes részek mátrixba vannak elhelyezve, és kapcsolva. A mátrix egy oszlopán belül azonos a részek szélessége. Minden oszlop viszont egymástól különböző méretű részeket tartalmaz. Rendelkezésünkre áll tehát egy rés sorozat. Amely résméretnél a rés két szélén lévő fémezés összeér, ott már nem kielégítő a felbontás. A tesztábra elektromos kapcsolási rajzát és vázlatos rajzolatát lásd 4.1/1. ábrán.



Selmerés
diffúzió
diffúzió
kontaktusablak

Kiindulási
vázlat

Elektromos
kapcs.rajz

A teljes tesztábra
egy részlete

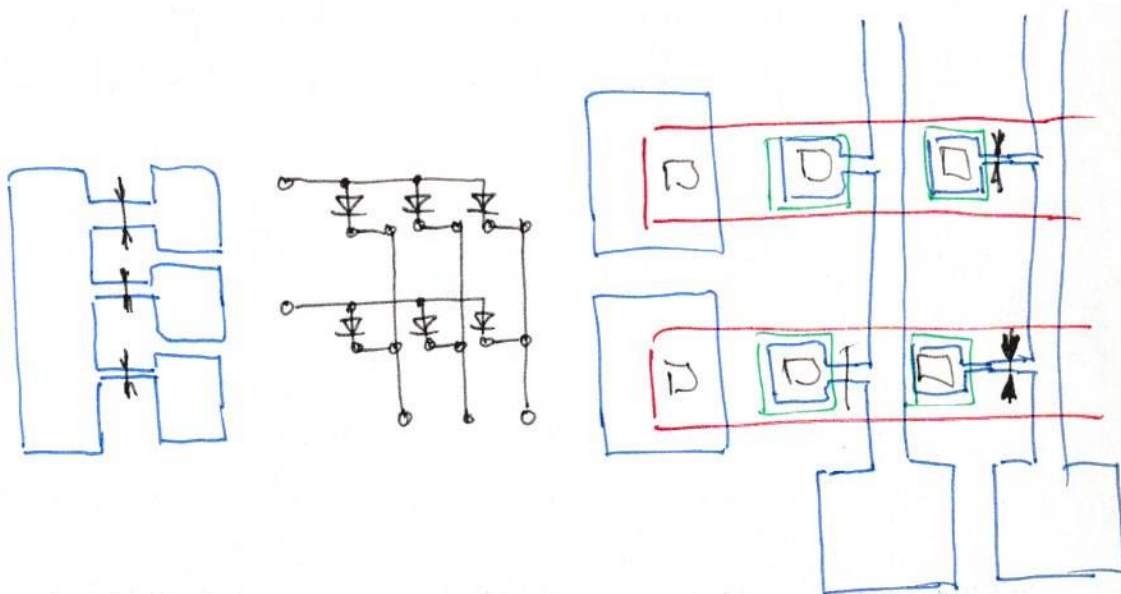
4.1/1. ábra

ff

Az ábrák természetesen egyszerűsítettek. Tetszőleges elemzésű mátrix készíthető. A tesztábra értékelését a következő tesztábráéval együtt irtam le.

4.1/2. ábra. Csik típusú tesztábra.

Az egész mérőábra elve megegyezik az előző tesztábrával, csak itt a mérőalakzatok adott szélességű csikok. A mérés során itt akkor értük el a felbontó képességünk határát, amikor szakadást mérünk, vagyis a csik átmaródott. A szűkebbes rajzokat a 4.1/2. ábra tartalmazza.



Kiindulási
vázlat

Elektronos
kapcs.rajz

A teljes tesztábra
egy részlete

4.1/2. ábra

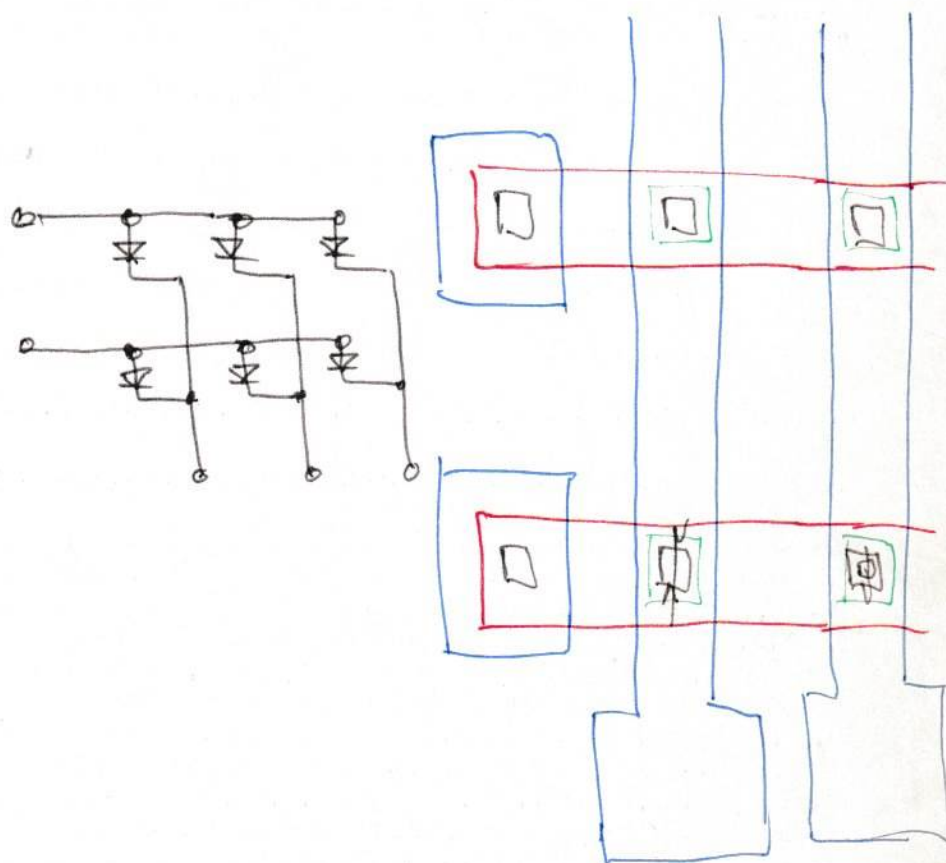
A mérőábrák értékelése:

A két mérőábra együtt használható, mert a maszk ábrától a kialakított ábra eltérése pozitív és negatív irányba is előfordulhat. A két ábrasorozat tulajdonképpen elhelyezhető egy közös mátrixban, hiszen teljesen azonos technológiai lépéseket igényel, és a hozzájuk szükséges diffúziós ciklus is azonos. A tesztábrákkal, vezető rétegekben kialakított alakzatok felbontását lehet mérni. A mérés teljesen automatizálható, esetleg csak a mérőtű kezesre pozicionálása igényel emberi beavatkozást. A mérés mérőautomaták segítségével, és az általam leírt mérő áramkör segítségével is elvégezhető. Az eljárás hátránya, hogy csak több technológiai művelet elvégzése után végezhető el az ellenőrzés.

4.1/3. ábra kontaktusablak típusú tesztábra.

A tesztábra lényege megegyezik az előző két ábrával. Itt a mérőalakzatok különböző méretű kontaktusablakok. Itt a felbontóképességünk hatását akkor érzük el, ha szakadást mérünk, vagyis valamelyik ablak nem nyílt ki, a fémzés nem érintkezik. Ezt a tesztábrát abból a megfontolásból kiindulva terveztük, hogy a szigetelő rétegek és a vezető rétegek felbontása eltérő azonos technológia mellett. Amennyiben ez mégis megegyezik, elégséges ezt a tesztábrát használni,

mert a legegyszerűbb /lásd 4.1/3. ábra/. Vezont egybevetve a vezető réteg teszt ábrájával következtethetünk a marás szerepére - hiszen a két ábra kialakításának lépései közt csak a marás eltérő. Sajnos ez a tesztábra sem használható közvetlenül a technológia ellenőrzésére.



lásd 3.2/6. ábra

Kiindulási
vázlat

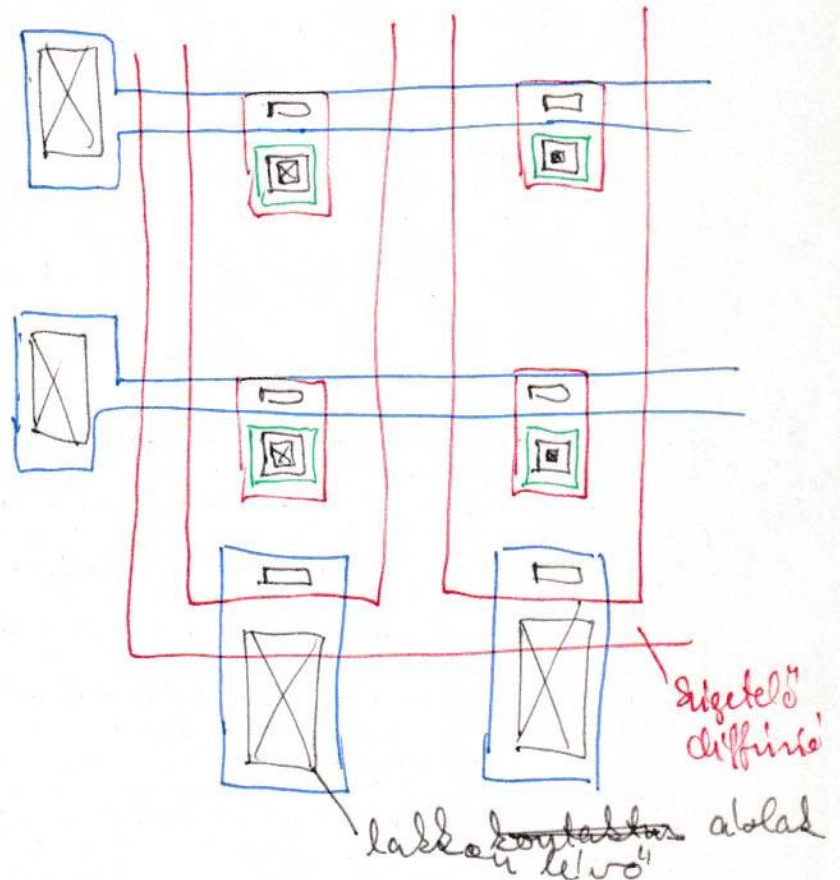
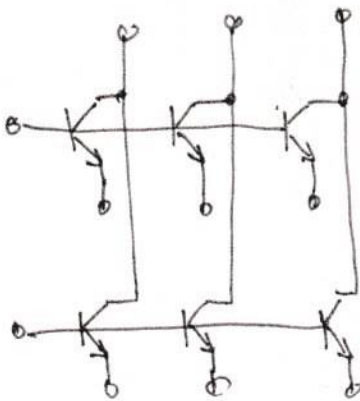
Elektromos
kapcs.rajz

A teljes tesztábra
egy részlete

4.1/3. ábra

4.1/4. Egész ezeltetes lakkfelbontásmérő tesztábra.

Ez a tesztábra mind szolgáltatásaiban, mind felépítésében teljesen eltér az előzőektől. Először a felépítését ismertetem. Ez az ábra egy tranzisztor mátrixból áll, amelynek kollektorai és bázisai mátrixba vannak kötve. Az egész fölé lakkot viszünk és ebbe nyitjuk az emitterek fölé 4.1/3-nak megfelelő ablakokat. Az egész ábra tetejét ezután beborítjuk valamely vezető elektrolittal /pl. hórsv/. Ezen az elektroliton keresztül vannak az emitterek földre kötve /lásd 4.1/4. ábra/.



Elektronos kapcs. rajz

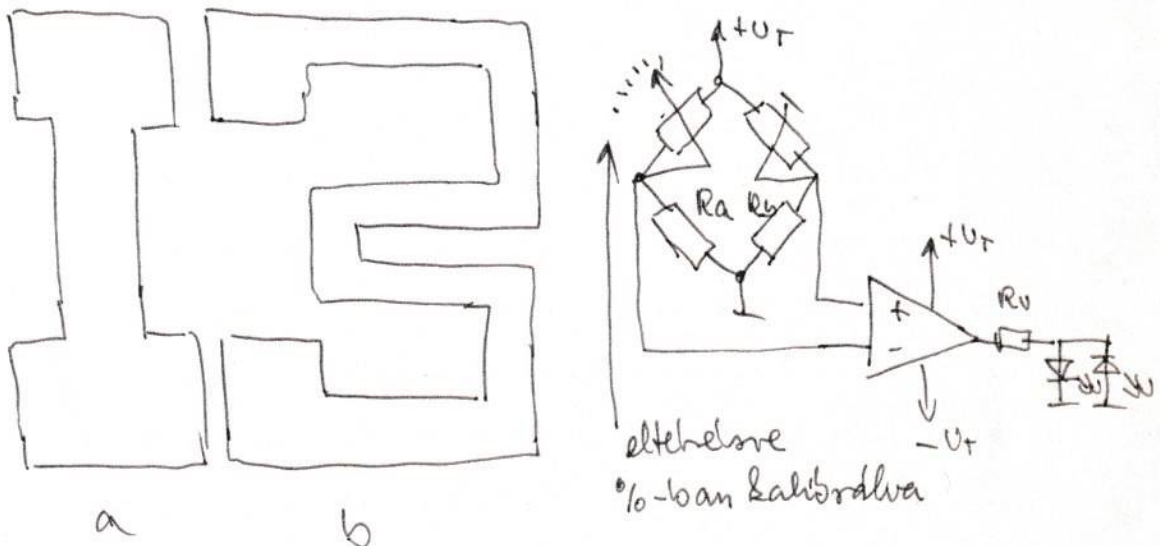
A teljes tesztábra egy részlete.

4.1/4. ábra

A tesztábra úgy működik, hogy egy tranzisztorsor kolloktor pontjára helyezzük az egyik mérőtűt és valamilyen feszültséget kapcsolunk rá egy ellenálláson keresztül. A chip felett elektrolit van, mely a kinyílt kontaktusablakon keresztül egy másik mérőtűn keresztül földre van kötve. Tehát a tranzisztorok bázisaira egymás után nyitófeszültséget kapcsolva, megtalálható amelyik emittora felett már nem nyílt ki a kontaktusablak. Vigyázni kell, hogy az elektrolit jól nedvesítse a felületeket, valamint a mérőtűk kontaktusait, ne zárja rövidre. Ez a módszer lehetővé teszi, hogy rögtön a lakkábra kialakítása után megállapítsuk a felbontó képességet. A mérőábra egy szeletből is elfoglalhat egy chip-nyi területet, de külön szelet is készíthető hozzá. A külön szeletnek van előnye is, hátránya is. Hátránya, hogy egyáltalán külön szeletet igényel. Előnye, hogy egy ilyen szelet élettartama igen hosszú. Az előhívott lakkot mérés után eltávolíthatjuk, a szeletet újra lakkozhatjuk. A szeleten több mérőábra is helyet kapna, így a felületen a felbontás változását is ki tudjuk mutatni. Külön szelet esetén nem okoz esetleg gondot az elektrolit. Rákerülhetne a maszkra különféle optikai felbontásmérő tesztábra. Az ilyen szeleteket minden party-hoz kísérő szeletként lehetne használni.

4.1/5. ábra. Ellenálló réteg tesztábra.

Ez a tesztábra mintegy sajátoságos mellékterv. Ezt a tesztábrát ellenállórétegeknel lehet felhasználni, vastag és vékonyréteg áramköröknél. Azon alapozik a működése, hogy két ábrát alakítok ki. A maszktól vagy a szitától való eltérése abszolút, vagyis nem az ábra méreteitől függ. Tehát kialakítok egy nagyobb tömör alakzatot, amelynél elhanyagolható az eltérés, és kialakítok egy hosszú meander alakzatot. A meander hosszának változása elhanyagolható, de a szélességének változása jelentős ellenállás változást okoz. Tulajdonképpen az első ábrára azért van szükség, hogy ismerjem a réteg négyzetes ellenállását. A két ábra a 4.1/5. ábrán látható, a kiértékelő áramkörrel.



4.1/5. ábra.

4.1/6. Mérőábrák összehasonlítása.

4.1/6. teszttábránál már ezoltam, hogy a hibrid technika használhatja fel, főleg maszkok pontoságának ellenőrzésére.

4.1/1; 4.1/2; 4.1/3 ábrákat javasolom mérőchipekben elhelyezni a ezetekre. Leginkább mérőautomatás kiértékelésre alkalmazhatók. Gépi adatrögzítésre és bizonylatképzítéshez használhatók.

4.1/4. ábrában látom a legtöbb lehetőséget, mint kiküszöbölni a fórcsotó és ezubjektív ezemmel való átnézést. Alkalmazható mérőchipeként és mérőezetnek is. A 4.1/4 ábra leírásánál indokoltan melyik megoldás miért célszerű.

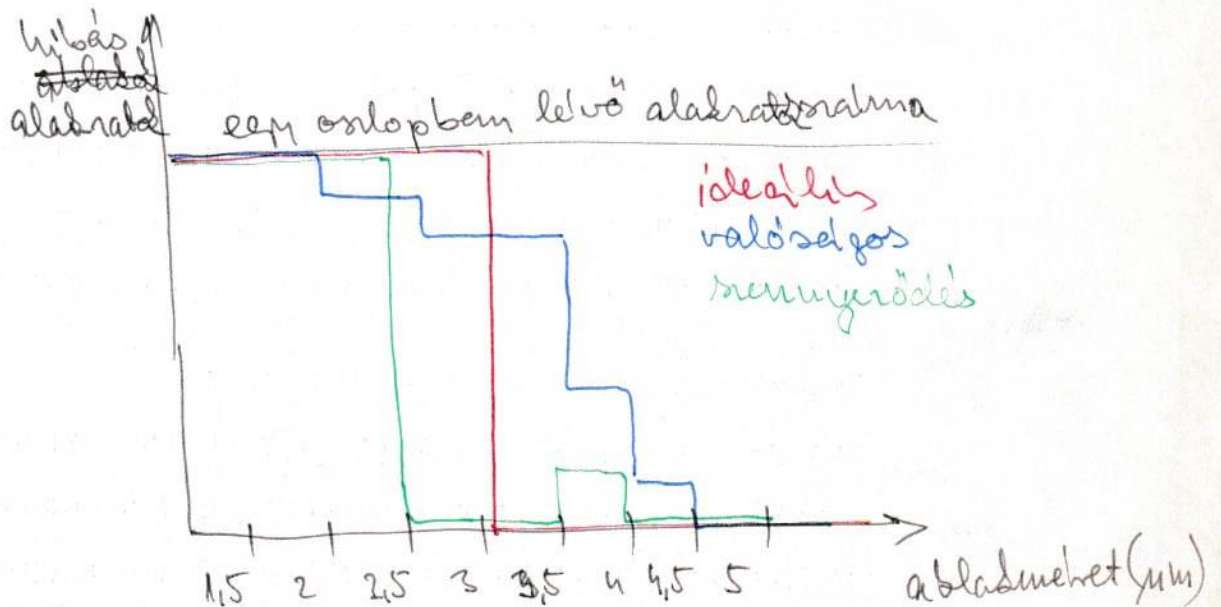
Ami ma nagyon fontos, mindegyik módszer könnyen automatizálható, jól illeszkedik számítógépes kiértékeléshez, valamint felhasználható hozzá a meglévő mérőautomaták. A hozzájuk szükséges fórcsotó, vagy kontaktusablak nyitáshoz használt maszk felbontásának igen jónak kell lenni /1-1,5 μ m/, a jelenlegi technológia ellenőrzéséhez. A különböző teszttábrák rajzai bizonyos torzításokat szenvedtek a valóságos mérethez képest, a jó ábrázolhatóság és áttokinthetőség kedvéért.

4.2. A kiértékelő áramkör.

4.2/1. Elméleti meggondolások.

Valamennyi ábra kiértékelése visszavezethető az ellenállás mérésre. Viszont az ábrák már eltérnek abban, hogy a hibás mérőalakzatnál szakadást /nagy ellenállást/ vagy vezetést /kis ellenállást/ mérünk.

Nézzük meg, hogy milyen számban nyílnak ki egy adott felbontásnál a különféle méretű ablakok. Egy valószínű grafikon 4.2/1 ábra mutat. Ténylegesen ilyen mérést nem tudtam végezni, mert egy meszk át-futási ideje hosszú.



4.2/1. ábra.

- 1 - 170

Valószínűleg a kék vonallal jelzett eredményhez hasonlót kapunk. Vagyis ahogy megyünk lefelé a méretekkel, egyre több alakzat lesz deformált /szakadt, vagy összeér/.

A piros vonal az ideális esetet jelzi, vagy pedig ha a két kontaktus ablak méret közt túl nagy ugrás van. A zöld vonal olyan esetet mutat, ami azt valószínűsíti, hogy meghibásodott a maszkábra, vagy valamilyen más szennyeződésről van szó, hiszen a méretek csökkenésével nő a rossz alakzatok száma.

A mérőáramköröm tervezésénél a maszk esetleges elszennyeződését figyelembe vettem. Lehetőség van arra is, hogy megállapítsuk, egy adott méretsorban hány hibás alakzat van. A gyors kiértékelést segíti az automatikus léptetésű üzemmód. Részletes kiértékeléshez pedig átkapcsolható kézi léptetésre. Az áramkör alkalmazható valamennyi elektromos /4.1/4-ig/ tesztábra kiértékelésére. Az áramkör egyszerre tíz különböző méretű oszlop, oszloponként tíz alakzat gyors, pontos kiértékelésére alkalmas. Az áramkör közvetlen a fotolitográfiában való alkalmazása megoldható. Az egész berendezés tulajdonképpen egyetlen nyomtatott áramkörtáblán elhelyezhető, egyszerűségénél fogva. A tesztábrához való kapcsoláshoz 2 x 10 db mérőtűs mérőkoszorút igényel.

4.2. A kiértékelő áramkör.

Az áramkör 8 db integrált áramkört tartalmaz.
Hat IC a TTL sorozatból került ki. A két másik IC
különböző sorból. Az egyik egy 741-es műveleti erősítő,
mely komparátorként működik, és a többi IC-től eltérően
 ± 12 V-ot igényel. A másik IC egy CMOS áramkör. Azért
használtam fel, mert csak négy darab TTL IC-ből álló
kapcsolással helyettesíthettem volna. Az áramkör négy
kapcsolót tartalmaz, K_2 és K_4 mikrokapcsoló. K_1 kap-
csolóval állítható be, hogy a szakadás, illetve
zárlat jelenti-e a rossz mérőalakzatot. Az áramkört
 K_4 kapcsolóval lehet alaphelyzetbe állítani, és el-
indítani, ilyenkor valamennyi számlálót és tárolót
lenullázunk. IC 6/3 és IC 6/4-ből épül fel az áramkör
órajel generátora. Ez egy engedélyezhető multivibrátor,
az engedélyező jelet IC 4-ből álló vezérlőegységtől
kapja, melyet később írok le. Az órajel az IC 6/1 és
IC 6/2-ből álló kézi léptető áramkörön keresztül jut
az IC 2 számláló bemenetére. A kézi léptető áramkör
egy kapuzó áramkör és egy pergésmentesítő áramkör
funkcióját látja el egyszerre. Amikor a vezérlő egység
letiltja az órajelgenerátort, a K_2 gombbal kézzel lép-
tethetjük tovább az áramkört. IC 2 és IC 3 alkot egy
decimális számlálót. IC 3 kimenete nyitott kollektoros,
ami kifejezetten alkalmas arra, hogy a teszt-
ábra megfelelő oldalán a mérőtűket sorra letegy-
földre. Amikor IC 2 már végigszámolt tízig, akkor
IC 8/5-ön keresztül megfelelő élet adva IC 1-nek, az

84 53

Q_0 -ról Q_1 -re lépteti a magas szintet, vagyis működés közben a másék oldalán lévő mérőtűkre sorra egymás után $+V_{CC}$ feszültséget kapcsol, egy-egy 470 ohm-os ellenálláson keresztül. Az ellenállások az IC 1 kimeneteit védik. A mérőábrák tulajdonképpen diódamátrixok, melyeknél a dióda vagy be van kötve, vagy nem, az ábra típusától és a kiértékelő alakzattól függően. Az áramkör további működésének vizsgálatához tételizünk fel, hogy egy csik típusú /4.1/2./ tesztábrát vizsgálunk. Tehát IC 1 magas szinten lévő kimenetéhez csatlakozó tűn magas szint jelenik meg. Ha a mérőalakzat jó, akkor IC 3 kimenete egy diódán keresztül letezi földre az illető mérőtűt. Hozzávetőleges számítások alapján IC 3 kimeneti tranzistorának saturációs feszültsége 0,2 V, a diódán 0,6 - 0,7 V esik, és különféle hozzávezetési ellenállásokat, valamint a csik ellenállását figyelembevéve megközelítőleg az adott mérőtűn 1 - 1,5 V mérhető. Az ábrán látható LED-eket is többszörösen kihasználtam. Egyrészt egy pozitív logikás VAGY kaput képeznek. Ezt a kapcsolást úgy használom fel, hogy az IC 1 kimenetén lévő mérőtűk közül amelyiken legnagyobb feszültség van, vagyis amelyik éppen magas szintre van kapcsolva egy 470 ohm-os ellenálláson keresztül - annak a feszültsége kerül IC 5 nem invertáló bemenetére, a kb. 1,6 - 1,7 V feszültséggel lefelétolva. A IC 5 nem invertáló bemenetén ilyenkor megközelítőleg 0 és - 0,5 V közötti feszültség van.

Amennyiben a csik szakadt, a mérőtűn megközelítőleg $+V_{CC}$ mérhető, IC 5 bemenetén pedig kb. 3 - 3,5 V. Ebben az esetben tehát P_1 potenciométert a két érték közti feszültségre /pl. 1 V-ra/ kell beállítani. Tehát folytonos csik esetén IC 5 kimenetén közel $-V_T$ lesz, amit a zener dióda 0,6 V-nál megfog. Szakadás esetén a kimeneten közel $+V_T$ lenne, amit a zener dióda 3,3 V-nál fogna meg /TTL "H" szint/. Ezt a jelet IC 8/6-al invertálja és K_1 kapcsolóval állíthatom be, hogy melyik jeleszint tartozik a jó és melyik a rossz mérőalakzathoz /rés és csik típusú mérőábra/. K_1 kapcsolóról a vezérlőegységbe K 4/1-re jut a jel. K_1 kapcsolót úgy kell beállítani, hogy hibás mérőalakzat esetén H szint kerüljön K 4/1 J és K bemenetére. Ilyenkor IC 4/1 egy T tárolónak felel meg és az órajelgenerátorból érkező órajel hatására, kimenete 1-be billen. IC 4/2 állandóan T tárolóként működik, órajelét IC 4/1 Q kimenetéről kapja. Vagyis IC 4/2 kimenete a második hibás alakzat után billen 1-be. K 3 kapcsolóval állítható be, hogy az órajel generátort a vezérlő egység rögtön az első vagy csak a második hibás mérőalakzat észlelése után tiltsa le. A letiltás egyrészt leállítja az oszcillátort, másrészt a D_1 diódán keresztül leteszi a LED-eket $-1,8$ V-ra, így jelezve ki a hibás alakzatot tartalmazó mérőcsort. Azért kellett T_1 -et és a zener diódákból álló komplexumot beiktatni, mert

rés típusú mérőábránál a mérőtűn csupán 1 V körüli feszültség mérhető hibás alakzatnál és nem gyulladna ki egy LED sem. A vezérlőegység az órajelét közvetlen az órajel generátorból kapja, hogy letiltás esetén ne törölődhesse a tárolók. Tudnillik lehetőség van további órajel kézi vezérlésű előállítására is, hogy a 4.2/1 ábrán látható grafikonokhoz meghatározzuk a hibás alakzatok számát. Különböző az áramkör hibát észlelve letiltott és tovább léptetnénk jó alakzatokon keresztül törölődésnek a tárolók és újra engedélyezné az órajelét, ami már zavarólag hatna. Kézi léptetésnél L_1 jelzi ki a hibás alakzatot /világít/. Az áramkörben nincsen kifejezetten stop gomb, leállítására arra a feltételezésre épül, hogy talál hibás alakzatot. Egyébként működő áramkör esetén is nyugodtan felemelhetjük, vagy ráhelyezhetjük mérőtűt a tappablekre. Az áramkör abszolút balesetmentes működésű, csak gyengeáramú, kiefeszültségű jelek jutnak a mérőtűkre. Az áramkör a mérőtűk összezárására is érzéketlen, károsodást nem okoz benne. A helyes működéshez viszont szükséges a mérőtűk és a tappablek közötti jó kontaktus. A mérőáramkörhöz került kiegészítésként egy 10 db inverterből álló tömb is, melyeket a tranzisztorokat tartalmazó mérőábrára

/4.1/4/ tett ezükegessé. Ez az áramkör véleményem szerint jól használható a mérőábrák fejlesztésének szakaszában. Amennyiben tényleges alkalmazásra kerülnek az elektromos felbontásvizsgáló ábrák, akkor 4.1/1. /2./3. ábrákat mérőautomatákon fogják ellenőrizni. Ez az áramkör pedig módosítható, IC 2, IC 3 és IC 7-ből álló komplexum helyettesíthető egy CD 4011 IC-vel.

4.3. Összefoglalás.

Végig követtem, hogy a fotolitográfia technológiai műveleteiben mi és hogyan befolyásolja a felbontó képességet, valamint hogyan lehet a felbontást adott technológia mellett megnövelni.

Megvizsgáltam, hogy milyen optikai felbontásmérő eszközök vannak. Ezeket felhasználásuk szerint csoportokba soroltam, valamint elemeztem felhasználásuk lehetőségeit.

Szakirodalom kutatást végeztem elektromos felbontásmérő módszerek után. Lehetséges, hogy elkerültem meglévő forrásokat, de igen kevés idevágó anyagot találtam. Ezekből a mérőábráktól az általam tervezett ábrák több szempontból is eltérnek, de alapvetően abban, hogy én dióda mátrixba helyeztem a kiértékelő alkatrészeket, így lecsökkentettem nagyszámú mérőalakzathoz szükséges kivezető kontaktusok számát, ezzel hely és mérőtű szükségletét.

Több mérőábra típus tervét is kidolgoztam, ezzel lehetőséget teremtve rögtön a fotolitográfián történő felbontásmérésre, illetve a mérőautomatákon történő részletes elemzésre. Készítettem olyan mérőábra terveket, melyek előállításra beilleszthetők a szokványos integrált áramköri technológiába és olyan, mely külön szeletre elkészítve, kísérőszeletként

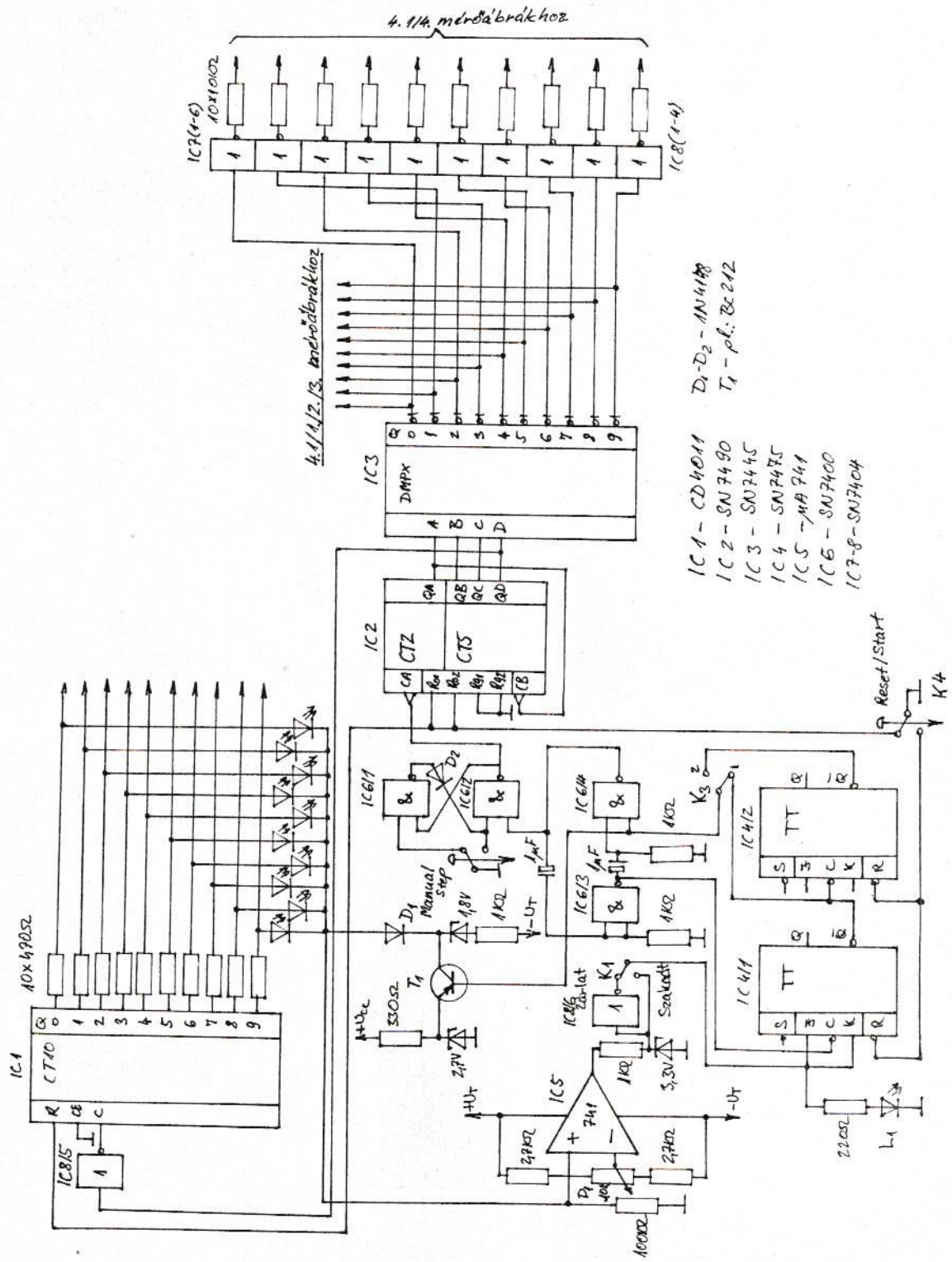
gyakorlatilag végtelen élettartamu.

Végül terveztem a mérőábráimhoz egy olyan áramkört, mellyel minden általam tervezett ábratípus kiértékelhető, egyszerűen, gyorsan objektíven.

Amennyiben ezen ábrák a MEV-ben alkalmazásra kerülnek, ez az áramkör alkalmas a kísérleti stádiumban az ábrák ellenőrzésére. Később mérőautomatákon nagyobb számú alakzat kiértékelése válhat célszerűvé, esetleg egy chip-en belül több mérőábrát is egyesítve. Ez az áramkör továbbra is alkalmazható lesz a kísérő szelet /4.1/4/ típusú ábrák helyezini /fotolitográfián/ történő analízisre.

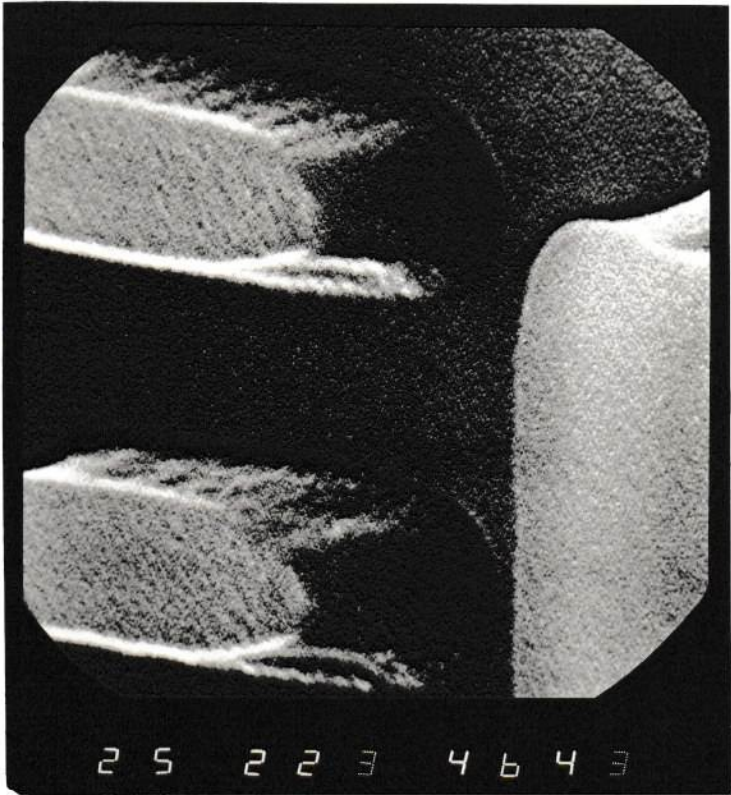
I r o d a l o m j e g y z é k .

- 1./ Dr. Bihari Judit: Rétegtechnológia - KKVMF jegyzet. Műszaki Könyvkiadó 1984.
- 2./ Kenneth G. Clark: Properties and Processes for Photoresists in Semiconductor Manufacture - Solid State Technology. 1971.june.
- 3./ Kenneth G. Clark: Properties and Processes for Photoresists in Semiconductor Manufacture - Solid State Technology. 1971. September.
- 4./ C.A. Deckert and D.L.Ross: Mikrolithography - Key to Solid State Device Fabrication - Journal of the Electrochemical Society. 1980. márch.
- 5./ Kenneth G. Clark: Photoresist Technology and Processing Techniques for Fine Dimensional Control - Solid State Technology. 1978. august.
- 6./ Eugene R. Hnatek: Integrált áramkörök gyártástechnológiája - Műszaki Könyvkiadó. 1978.
- 7./ Dr. Balog Géza: Az LSI áramkörök fotolitográfiai technológiájának optikai problémái - egyetemi doktori értekezés. 1981.
- 8./ Dr. Erlaky György: Integrált áramkörök technológiája és konstrukciója II. - Kézirat Tankönyvkiadó. 1981.
- 9./ Gergely István: Félvezetők fizikai tulajdonságai /táblázatok és grafikonok/ - KKVMF Sokszorosító Üzeme. 1981.
- 10./ Alfred C. Ipri and J.C. Sarace: Integrated Circuit Process and Design Rule Evaluation Techniques - RCA Review September 1977.
- 11./ Ealing Optics Catalogue 1984/85.
- 12./ Rolyn Optics Catalog - California 1984.



- IC1 - CD4011
- IC2 - SN7490
- IC3 - SN7445
- IC4 - SN7475
- IC5 - MA741
- IC6 - SN7400
- IC7-8 - SN7404

- D₁-D₂ - MN1418
- T₁ - pl. Bx212



2 5 2 2 3 4 6 4 3

SPECIAL RETICLES AND TEST PATTERNS

Illustrated below are several reticles and test patterns suitable for lens testing. Unless otherwise specified the following patterns are on 50.8mm square glass substrates. All dimensions are in mm. Patterns are generally emulsion sandwiched between glass plates.

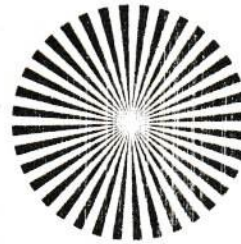
RETICULATIONS

Transmission gratings with line/space ratio 1:8%. Straightness is .01/50mm. Maximum spacing error is .01/25mm. Pattern is chrome on glass. Substrates are 50.8mm square x 2mm thick.

Cycles/Inch	Cycles/mm	PRICE
50	1.97	\$ 82.72
200	7.87	82.72
500	19.69	120.50
1000	39.37	133.84

except 101.6mm square

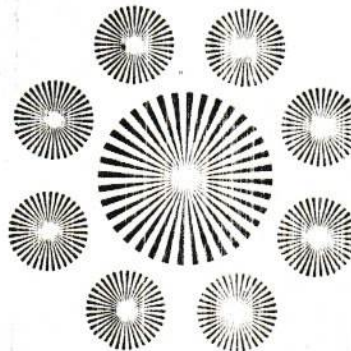
Cycles/Inch	Cycles/mm	PRICE
50	1.97	\$380.80
200	7.87	380.80
500	19.69	429.50
1000	39.37	429.50



STOCK #
70.5000
70.5005

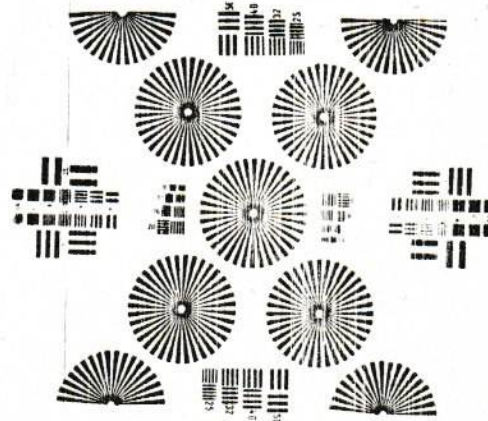
Description
50.8 x 2.5
24 x 36 x 2.5

PRICE
\$ 45.60
37.16



STOCK #
70.5015

PRICE
\$ 40.72



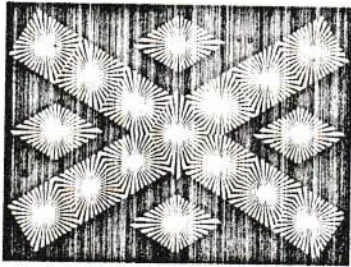
STOCK #
70.5020

PRICE
\$ 46.67

ON MEASURING PLATE

A purpose scale which can be used with or without its own scale. It has inch and metric scales with 1/16" minor divisions and metric scale in millimeters. It also has protractor, square and circle patterns. Substrate is 50.8mm square glass.

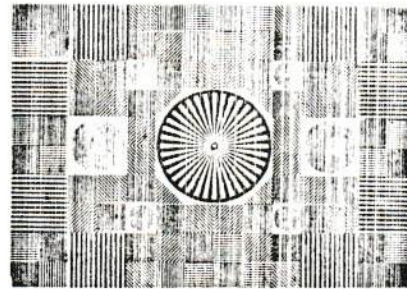
PRICE
\$ 98.40



STOCK #
70.5035

50.8 x 50.8 x 2.0mm thick

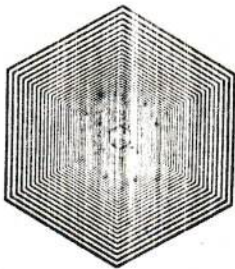
PRICE
\$ 47.70



STOCK #
70.5080

Description
50.8 x 50.8 x 2.5mm thick

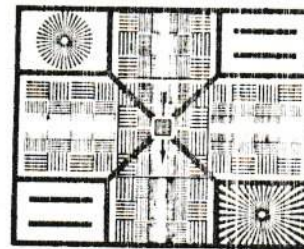
PRICE
\$ 47.70



STOCK #
70.5050

50.8 x 50.8 x 2.5mm thick

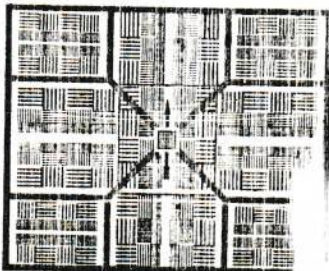
PRICE
\$ 47.70



STOCK #
70.5085

Description
50.8 x 50.8 x 2.5mm thick

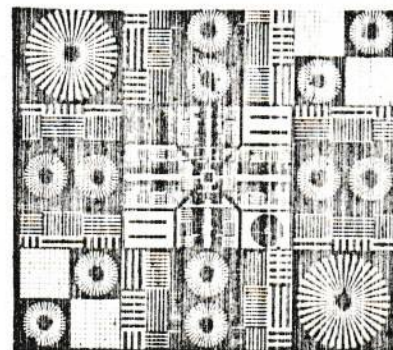
PRICE
\$ 47.70



STOCK #
70.5065

50.8 x 50.8 x 2.5mm thick

PRICE
\$ 47.70



TEST PLATE FILM

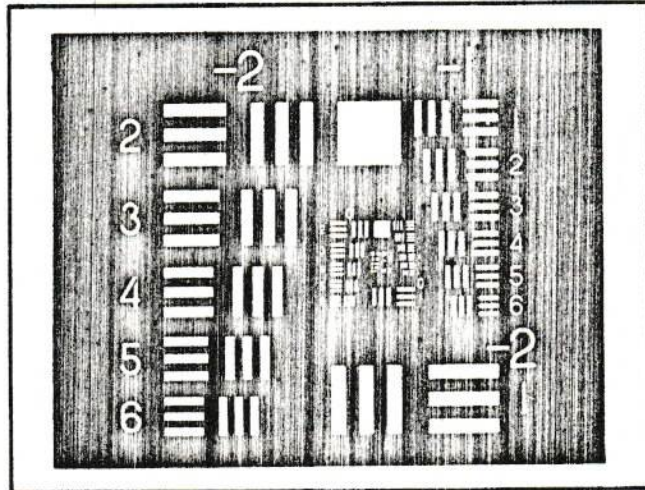
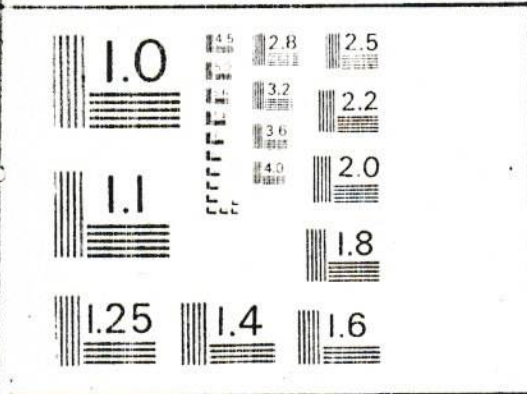
STOCK #
70.5100

Description
250 x 300mm

PRICE
\$ 47.70



RESOLUTION TARGETS



3A TARGET

Description PRICE
50.8 x 50.8 x 2.5mm \$ 46.83

USAF 1951 TARGET

This is the standard "Air Force" target described in Military Standard 150-A paragraph 5.1.1.7.

An Element consists of two Patterns at right angles to each other. Each Pattern consists of three lines and two spaces of equal width and length five times the width.

The change in pattern size progresses geometrically as the sixth root of two or conversely the lines per millimeter count doubles with every sixth element and these groups of six elements are referred to as a Group and assigned a group number which tells the power of 2 to which the first element in the group was raised to determine the number of lines per millimeter in that element. The zero group then has one cycle per millimeter.

The chart below enables the use of the target without computations.

RESOLUTION

Most optical work is done in the metric system, but the inch is not yet universal. We have shown a few values for your convenience.

Table with 4 columns: Lines/mm, Lines/in., Lines/in., Lines/mm. Rows range from 0.25 to 38.00.

GROUP NUMBER table with 10 columns (Element No., -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7) and 7 rows (Element No. 1-6).

Additional technical help available on request. Please write for further assistance.

*(818) 915-5707

*(818) 915-5717

[(213) Until mid-January 1984]

All Standard ROLYN Targets are high contrast containing 0 through 6 groups on a 50 x 50 x 1.5mm glass substrate. Others available on special order.

Table with 3 columns: STOCK #, Description, PRICE. Rows include 70.6030, 70.6035, 70.6040, 70.6045.