

PŘÍPRAVA EXPOZIČNÍCH DAT PRO ELEKTRONOVÝ LITOGRAF BS 600

Dr. Petr Podešva

Elektronová litografie je v současné době nezaměnitelnou litografickou metodou pro přípravu výroby integrovaných obvodů velmi velké integrace. Význam této metody spočívá v první řadě v principiální možnosti vytváření submikronových struktur. Další velkou předností elektronové litografie je možnost přímé expozice na podložku, což umožňuje v krátkém časovém intervalu vytvořit nový obvod, nebo vyzkoušet novou technologii.

Ústav přístrojové techniky ČSAV v Brně vyvinul zařízení pro aplikaci této metody - elektronový litograf, který přináší řadu originálních řešení a řadí se tak v tomto oboru ke světové špičce. Jde v první řadě o systém magnetického vektorového vychylování elektronového paprsku, ovládání průřezu paprsku, autoemisní katody atd. Toto zařízení - elektronový litograf BS 600 - vyrábí k.p. TESLA Brno. Na pracovišti závodu IMA - Institutu mikroelektronických aplikací oborového podniku TESLA ELTOS - se v rámci státního úkolu "Elektronová litografie" mj. vytváří programové vybavení pro přípravu expozičních dat a dále vývoj inovovaného řídicího systému.

Tento článek seznamuje s programovým vybavením pro přípravu expozičních dat pro elektronový litograf BS 600. Popisované programové vybavení je součástí úplného programového vybavení systému elektronového litografu /dále jen systém ELG/. Pro vyjasnění jeho funkce a vazeb na jednotlivé komponenty systému ELG je nutné se alespoň stručně zmínit o složení systému ELG a způsobu jeho provozování.

Úplné programové vybavení systému ELG

Úplný systém elektronového litografu se skládá z těchto komponent: vlastního elektronového litografu včetně řídicí elektroniky a pěti mikroprocesorů, řídicího počítače Elektronika 100/25, řídicí jednotky, řídicího programu a popisovaného systému programů pro přípravu expozičních dat. Řídicí počítač spolu s řídicí jednotkou se také označuje jako "specializovaný řídicí systém" - zkratka SŘS. Úplné programové vybavení obsahuje tedy programy pro jednotlivé mikroprocesory elektronového litografu, řídicí program a programy pro přípravu expozičních dat. V širším smyslu do něj patří i testy na jednotlivé komponenty systému ELG: řídicí počítač, řídicí jednotku atd.

Provozování systému ELG

Prvotním vstupem zpracování na systému ELG je soubor obsahující obrysovou reprezentaci integrovaného obvodu, který se má exponovat. Tento soubor se předává na standardní magnetické páse a vytvářejí jej návrháři integrovaných obvodů /dále jen io/.

Prvním krokem je zpracování uvedeného souboru popisovaným systémem programů pro přípravu expozičních dat. Výsledkem činnosti programů jsou expoziční data pro vlastní elektronový litograf. Příprava expozičních dat je relativně časově náročná. Doba zpracování závisí v první řadě na složitosti zpracovávaného návrhu i.o. Pro středně složitě obvod je to řádově hodina, pro velmi složitě několik hodin. Vstupní soubor obsahující obrysovou reprezentaci i.o. obsahuje údaje o všech technologických vrstvách i.o. Při přípravě expozičních dat se expoziční data vytvářejí samostatně pro každou technologickou vrstvu. Tím se časové nároky této etapy zvyšují. Je ovšem nutné si uvědomit, že příprava expozičních dat je jednorázová záležitost - jednou vytvořená data budou mnohonásobně využívána v procesu exponování. Dále platí, že uspořádání expozičních dat významně ovlivňuje dobu exponování a tedy i průchodnost celého systému ELG.

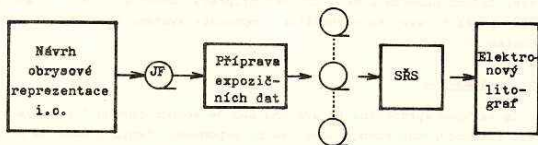
Příprava expozičních dat se provádí nezávisle na procesu exponování. Podle zadání úlohy se bude provádět na počítači stejného typu jako je řídicí počítač - tj. na Elektronice 100/25. Protože proces vlastního exponování extrémně zatěžuje řídicí počítač, nepřichází pochopitelně v úvahu možnost paralelní přípravy expozičních dat a exponování na jednom počítači.

Proces vlastního exponování probíhá tak, že řídicí počítač si od obsluhy vyžádá zadání souboru expozičních dat, který se má zpracovat. Soubor je umístěn na standardní magnetické páse. Obsluha zadá jméno souboru a založí požadovanou magnetickou pásku. Řídicí program vyhledá příslušný soubor a nejprve přečte údaje popisující technologickou vrstvu, která se má exponovat: rozměry čipu, velikost a počet částí na které se dělí /t.zv. fragmenty/ atd. Na základě těchto údajů provede výpočet rozvržení všech čipů na plátku. Pro exponovaný čip nevyužívá celou plochu plátku: některé části plochy rezervuje pro testovací čipy.

V další fázi řídicí program posílá přes řídicí jednotku do elektronového litografu příkazy pro nastavení řídicího stolu, /např. nastavení na konkrétní čip/, informace o značkách na čipu a vlastní expoziční data. Po dokončení expozice čipu /pro 100 000 elementárních expozic se předpokládá čas asi 2 sec./ se provede posun stolu a expozice dalšího čipu. Celý plátek by měl být naexponován asi za 2 minuty, v jednom pracovním cyklu se zpracovává 10 plátek.

Celý proces exponování je ovšem nesrovnatelně složitější. Klíčovou úlohu zde má řídicí elektronika litografu, která zabezpečuje řadu funkcí od vyhodnocování polohy stolu, vyhledávání značek, různé druhy dynamických korekcí atd. Úloha řídicího počítače je v současné době velmi prostá - jen posílá litografu povely a data. Autor si je plně vědom neúplnosti uvedených informací, popis funkce ELG však není náplní tohoto článku. O procesu exponování je zmínka jen proto, aby si čtenář udělal alespoň základní představu o osudu expozičních dat.

Proces úplného zpracování na systému ELG lze zjednodušeně znázornit takto:



Obr. 1

Vstupem systému programů pro přípravu expozičních dat je soubor na magnetické páse obsahující obrysovou reprezentaci návrhu io. Data jsou zapsána v dohodnutém formátu, t.zv. Jednotném formátu vstupních dat /zkratka JF/.

Výstupem zpracování je soubor na magnetické páse obsahující expoziční data zadané vrstvy io. Formát expozičních dat je plně určen konstrukcí řídicí jednotky.

Programy musí pochopitelně respektovat technické podmínky litografu. Jde v prvé řadě o tyto údaje:

- velikost základní expoziční oblasti /6,5 x 6,5 mm/,
- dělení expoziční oblasti na expoziční okna /viz dále/,
- rozměry a tvar expozičního prvku /viz dále/.

Počítač, na němž se příprava expozičních dat bude provádět, je typu Elektronika 100/25, minipočítač, který je zhruba kompatibilní s počítači SM 4-20. Konfigurace počítače zahrnuje mimo jiné:

- 128 KB vnitřní paměti,
- 2 mechanismy kazetových disků /jeden kazetový disk má přibližně kapacitu 2,5 MB/,
- 1 mechanismus magnetické pásky.

Koncepce řešení

Vstupní soubor je výsledkem činnosti návrhářských systémů CAD a obsahuje obrysovou reprezentaci io ve formě polygonů v relativních souřadnicích, základních buněk, vsazených buněk a polí. Tato forma vyplývá z faktu interaktivního návrhu io a vlastností návrhářských systémů. Usnadňuje se tím velmi podstatně činnost návrháře, který nemusí pracovat s úplnou obrysovou reprezentací nějaké opakující se části struktury io, ale pouze s jejím symbolickým jménem. Tato opakující se podstruktura je popsána jako základní buňka. Obsahuje v prvním přiblížení jen obrysovou reprezentaci polygonů ve vlastní souřadnicové soustavě. Návrhář se na ní odvolává během práce jejím jménem a transformací, které je nutné ji podrobit, to je posunutí referenčního bodu základní buňky do daného bodu io, případně následným pootočením souřadnicových os. Tento odkaz spolu s transformací se nazývá vsazená buňka.

Vsazená buňka může sama obsahovat další vsazené buňky, které jsou jinde popsány jako základní. Maximálně je možné osm úrovní vsazování.

Základní buňka může obsahovat též pole vsazených buněk. Rozumí se tím taková opakující se obrysová reprezentace vytvořená konkrétní vsazenou buňkou, která se na ploše io popisované základní buňkou opakuje ve formě matice s pevnou řádkovou a sloupcovou roztečí. Ze všech základních buněk uvedených ve vstupním souboru jedna buňka popisuje celý io. Tato buňka se nazývá hlavní buňka.

Struktura vstupního souboru má tedy značně blízko k požadavkům návrhářských systémů. Základní jednotkou, se kterou návrhář pracuje, je polygon, tj. plošný útvar definovaný svým obrysem - lomenou neprotínající se uzavřenou čarou s omezeným počtem vrcholů. /Definice plošného útvaru pomocí jeho obrysu je výhodná z hlediska nároku na rozsah dat/.

Z hlediska exponování však je základní jednotkou obrazec: vícenásobně souvislá oblast, jejíž hranice tvoří polygony. Exponuje se vždy vnitřek obrazce. Naprostá většina obrazců je jednonásobně souvislých, tvoří je tedy jeden polygon a exponuje se jeho vnitřní část, to je množina bodů, které při postupu po jeho hranici leží vždy na stejné straně všech jeho hran. U dvojnásobně souvislé oblasti je situace

složitější: obrazec je určen dvěma polygony. Jeden tvoří jeho vnější hranici a druhý vnitřní hranici. To, co je uvnitř vnitřního polygonu /vnitřní hranice/, se tedy v tomto případě neexponuje. Vstupní soubor neobsahuje žádný explicitní prostředek, který by dovoľoval určit, které polygony tvoří obrazec. Tato informace je ale implicitně obsažena v obrysové reprezentaci polygonů.

Prvním úkolem programového vybavení je nalézt všechny polygony obrysové reprezentace io patřící do zadané technologické vrstvy. Tento úkol realizují dva programy: ELG10 a ELG20.

Realizovaná verze programového vybavení nedovoluje zpracování vícenásobně souvislých obrazců. Toto omezení je možné odstranit na úrovni návrhu io. Na úrovni programového vybavení se zmíněné omezení projevuje tak, že každý obrazec je určen jedním a jen jedním polygonem, který tvoří jeho vnější hranici. Je proto možné interpretovat množinu vybraných polygonů jako množinu obrazců.

V dalším kroku se provádí rozklad obrazců na jednodušší útvary, na základní obrazce. Rozklad provádí program ELG 30. Základní obrazec je definován takto:

1. ortogonální obdélník, to je obdélník se stranami rovnoběžnými s osami souřadnic,
2. lichoběžník se dvěma protilehlými stranami rovnoběžnými s osou x ,
3. trojúhelník s jednou stranou rovnoběžnou s osou x

Základní obrazec, tedy není obecně útvar, který by se mohl přímo exponovat. Po provedení rozkladu je zadaná technologická vrstva io reprezentována posloupností základních obrazců.

Expoziční oblast se dělí z hlediska provádění expozice na expoziční okna o rozměrech $409,6 \mu\text{m} \times 409,6 \mu\text{m}$. Toto dělení vyplývá z technických vlastností ELG, jmenovitě z dvojurovňového nastavování polohy elektronového svazku pomocí 15-ti a 12-ti bitových převodníků. Posloupnost základních obrazců je třeba setřídít tak, aby toto dělení respektovala - v opačném případě bude postup expozice značně neefektivní. Třídění základních obrazců provádí program ELG 40.

Po setřídění základních obrazců podle jejich umístění v základní expoziční oblasti, to je podle expozičních oken, vzniká problém, že některé obrazce mohou zasahovat do více než jednoho okna. Takové obrazce je nutné vyhledat a rozdělit na menší základní obrazce tak, aby každý výsledný základní obrazec byl obsažen pouze v jednom okně. Respektuje se přitom podmínka, že při dělení základního obrazce nesmí vzniknout útvar o straně menší než $0,5 \mu\text{m}$. Tato podmínka je dána technickými požadavky ELG v době řešení úlohy. Její respektování se v programu řeší formou překrývání generovaných expozičních oken. Tuto činnost provádí program ELG 50.

Po rozdělení základních obrazců podle expozičních oken je možné již vytvářet expoziční prvky, to je útvary, které se mohou přímo exponovat. Expoziční prvek je definován jako obdélník se stranami, jejichž délka je celočíselným násobkem $0,1 \mu\text{m}$, minimální délka je $0,5 \mu\text{m}$ a maximální délka je $3,2 \mu\text{m}$. Hrany mohou být buď rovnoběžné s osami souřadnic nebo mohou s nimi svírat úhel $\frac{1}{2} \pi$.

Jeden základní obrazec je možné interpretovat jako jeden nebo několik expozičních prvků. Rozklad základních obrazců na expoziční prvky není ale nutné provádět v celé šíři, to je není vždy zapotřebí určit všechny expoziční prvky, ze kterých se základní obrazec skládá. Využívá se vlastností SRS, který dovoľuje v případě, že expoziční prvky vytváří určité jednoduché pravidelně se opakující struktury uvést jen jeden /generující/ prvek plus jistou řídící informaci. Výsledkem rozkladu základních obrazců je tedy popis expozičních prvků ve formě vstupního jazyka SRS -

řídících bloků. Vytvořená posloupnost řídících bloků tvoří jeden soubor na magnetické pásce. Tento úkol realizuje program ELG 70. Tím úloha programového vybavení končí.

Stručně je možné shrnout funkci programového vybavení v posloupnost transformací mezi těmito objekty:

Základní buňky → hlavní buňka → obrazce /polygony/ → základní obrazce →
→ expoziční prvky → řídící bloky.

Příprava expozičních dat pro ELG probíhá jako fáze off-line vzhledem k vlastní činnosti ELG. Využití ELG lze ovšem v této fázi významně ovlivnit, hlavně vhodným uspořádáním expozičních dat v expoziční oblasti. Tato verze provádí optimalizaci nastavování pomalých 15-ti bitových D/A převodníků. Optimalizace nastavování rychlých 12-ti bitových D/A převodníků se v této verzi neprovádí.

Jednotlivé fáze transformace polygonu jsou schematicky znázorněny na obr. 2.



Obr. 2 Posloupnost transformací polygonu

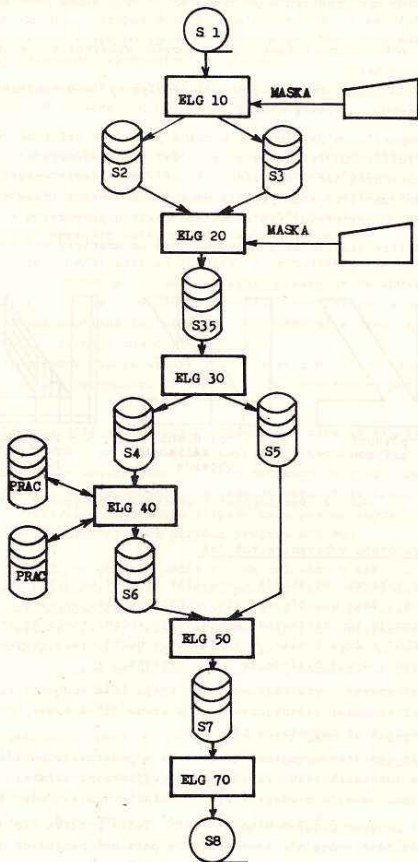
Struktura programového vybavení a tok dat

Programové vybavení se skládá z několika na sebe navazujících programů. Programy si předávají data prostřednictvím souborů na discích nebo na magnetické pásce. Každý program je identifikován pětimístným kódem, který se skládá z posloupnosti tří znaků "ELG" a dvou číslic. První číslice udává číslo programu v rámci programového vybavení, druhá číslice je nula /rezerva/.

Jednotlivé programy vytvářejí a zpracovávají řadu souborů. Tyto soubory jsou označeny identifikátorem, skládajícím se z písmene "S" a čísla. Označují se pouze soubory na discích a na magnetické pásce.

Posloupnost spuštění programů je pevná a v podstatě odpovídá číslování programů - číslo z identifikátoru programu až na výjimky představuje pořadové číslo spuštění programu. Dále je uvedena stručná charakteristika jednotlivých programů:

ELG 10 Vstupní program programového vybavení. Tento program čte vstupní data v jednotném formátu S1. Provádí výběr polygonů patřících do zadané technologické vrstvy, jejich analýzu a vytváří 2 soubory: S2 a S3. Soubor S3 obsahuje obrysovou reprezentaci polygonů zadané technologické vrstvy ze souboru S1 včetně výsledků analýzy. Polygony jsou v původních souřadnicích. Soubor S2 obsahuje /mimo jiné/ odkazy na všechny polygony hlavní buňky /do souboru S3/ spolu s nutnými informacemi pro jejich transformaci do její souřadnicové soustavy. Program umožňuje tedy zpracování



Obr. 3 Tok dat při přípravě expozičních dat

polygonů více než jeané technologické vrstvy nebo všech vrstev, pokud je to možné z kapacitních důvodů.

- ELG 20 vytváří na základě souborů S2 a S3 jeden soubor S35, který obsahuje polygony hlavní buňky již v souřadnicích hlavní buňky. Při této příležitosti je možné vybrat polygony konkrétní technologické vrstvy, pokud tento výběr nebyl proveden dříve v programu ELG 10.
- ELG 30 provádí převod obrysové reprezentace hlavní buňky /tj. souboru S35/ na plošnou - její rozklad na posloupnost základních obrazců. Program respektuje vnitřní a vnější obrysy. Zjišťuje tedy, do kterého okna vytvořený základní obrazec patří. Výsledkem práce programu jsou dva soubory: soubor S4 a S5. Soubor S5 obsahuje plošnou reprezentaci základních obrazců, soubor S4 obsahuje odkazy na základní obrazce do S4 spolu s informací, do kterého okna ten který základní obrazec patří.
- ELG 40 třídí soubor odkazů na základní obrazce S4. Třídění se provádí podle čísla okna. Výsledkem třídění je soubor S6, který má formální strukturu stejnou jako soubor S4.
- ELG 50 vytváří na základě souboru setříděných odkazů na základní obrazce S6 a souboru základních obrazců S5 soubor S7, který obsahuje všechny základní obrazce, setříděné podle expozičních oken včetně řídící informace pro nastavení expozičního svazku na referenční bod okna. Souřadnice základních obrazců jsou transformované do souřadnicové soustavy expozičního okna.
- ELG 70 rozkládá základní obrazce na expoziční prvky, které může bezprostředně zpracovávat specializovaný řídící systém. Vstupem programu je soubor S7. Výstupem je soubor expozičních dat S8, který je na magnetické páse.

Programátorský přístup

Při rozhodování o způsobu realizace programového vybavení se vycházelo z toho, že bude vypracováno ve vyšším programovacím jazyce na počítači Elektronika 100/25. Jako operační systém se předpokládalo použití systému dodávaného s počítačem - operačního systému FODOS. Bylo použito dokonalejší verze tuzemského operačního systému FODOS-2, který mimo jiné značně usnadňuje i provozování programového vybavení, konkrétně možnosti pracovat s příkazovými soubory.

Samá povaha úlohy je na pomezí vědecko-technických výpočtů a hromadných dat. S dostupných vyšších programovacích jazyků povaze úlohy nejlépe vyhovuje jazyk FORTRAN, i když se značnými výhradami hlavně co se týká práce s velkými objemy dat. Proto bylo rozhodnuto vypracovat programové vybavení v tomto programovacím jazyce.

Realizace programového vybavení ve vyšším programovacím jazyce má řadu výhod. Jsou to:

1. snížení celkové pracnosti,
2. zvýšení srozumitelnosti a přehlednosti zdrojových textů programů. To značně usnadní jejich pochopení, které je nutné pro efektivní údržbu a eventuální modifikace,
3. usnadnění přenosnosti programového vybavení na jiný počítač.

Pro zvýšení srozumitelnosti zdrojových textů programů byla při vytváření programů přijata řada konvencí. Například při tvorbě identifikátorů polí: identifikátor končí znaky "BL", když pole je typu INTEGER 2, znaky "BD" když pole je typu

INTEGER 4. Identifikátory proměnných, které představují logické výhybky začínají písmenem "R", atd. Bylo stanoveno též pevné členění zdrojového textu programu. Program obsahuje formou komentáře popis své funkce, parametrů, eventuálně nejdůležitějších proměnných. Rovněž pomocí komentářů jsou vysvětleny složitější místa podprogramů.

Kromě těchto lokálních opatření byly pokud možno dodrženy zásady strukturovaného programování. Každá úroveň /vrstva/ vznikající při tomto přístupu práce tvoří jednu nebo několik programových jednotek /z hlediska jazyka FORTRAN/. Názvy těchto programových jednotek vypovídají o konkrétním zařazení programové jednotky v hierarchii vrstev.

Přenositelnost programového vybavení je usnadněna /kromě toho, že je program vypracován ve FORTRANu/ vyloučením takových konstrukcí, které nejsou v implementacích FORTRANu běžné. Rovněž jsou počítačově závislé části programu vyděleny zvlášť, v tomto případě prostředky pro práci se soubory. Při přenosu na jiný počítač se hlavní úpravy potom soustředí do těchto dobře lokalizovaných míst programů.

Ještě k zmíněným prostředkům pro práci se soubory. Na začátku bylo konstatováno, že úloha má částečně charakter zpracování hromadných dat. Jazyk FORTRAN však pro tuto aplikaci poskytuje minimální prostředky. Tyto prostředky byly tedy realizovány programově, formou fortranských podprogramů a zařazeny do společné knihovny. Umožňují práci se soubory zhruba na úrovni jazyka COBOL. Tento způsob práce se soubory má navíc tu výhodu, že při změně struktury souboru /při eventálních modifikacích programu/ se změny promítnou v podstatě hlavně do těchto podprogramů, tj. jsou opět dobře lokalizovány.

Při tvorbě programového vybavení bylo využito možnosti práce s knihovnou. Používají se dvě knihovny: ELIB1 a ELIBS. První knihovna obsahuje podprogramy pro zadání a výběr technologické vrstvy a řadu podprogramů pro práci s polygony. Druhá použitá knihovna, ELIBS, obsahuje všechny podprogramy pro práci se soubory.

Při sestavování programu byla využita možnost práce s příkazovými řetězci, kterou použitý operační systém poskytuje. Příkazové řetězce se rovněž využívají při provozování programového vybavení.

Testovací a pomocné prostředky

Protože vývoj programového vybavení probíhal paralelně s vývojem elektronového litografu a řídicí jednotky, bylo nezbytné vyvinout programy, které by testovaly správnost výsledných dat bez ohledu na stav litografu a řídicí jednotky. To umožňuje jednak obejít se bez potřeby exponování a dále prokazovat správnost /eventuálně lokalizovat chyby/ v případě chybného výsledku expozice. Jedná se především o tyto programy:

- VYPS8 - výpis expozičních dat /souboru S8/ ve tvaru řídicích bloků řídicí jednotky. Vypisuje se obsah zadaného okna nebo posloupnosti oken;
- KR1S8 - vykreslení expozičních dat na kreslicím zařízení. Vykreslují se celé řídicí bloky ze zadaného expozičního okna nebo posloupnosti oken;
- KR2S8 - vykreslení expozičních dat ve tvaru jednotlivých expozičních prvků - t.j. ve tvaru jak je obdrží elektronový litograf od řídicí jednotky a jak je bude exponovat;

KR358 - vykreslení expozičních dat ve tvaru obrysů geometricky souvisejících řídicích bloků. Jinými slovy, provádí se rekonstrukce částí vstupní obrysové reprezentace.

Kromě těchto testovacích prostředků se používá řada dalších programů, které provádějí výpisy obsahu jednotlivých souborů ve vhodném formátu, eventuálně se uvažuje o využití kreslicího zařízení pro vykreslení rozkladu polygonu na základní obrazce - t.j. obsahu souboru S35. Sem patří i program, který dovede na základě vnitřního identifikátoru polygonu vyhledat daný polygon ve vstupních datech.

Samostatnou otázkou je posouzení složitosti zpracovávaného návrhu io. Pro optimální funkci přípravy expozičních dat je totiž nutné mít dostatečný přehled o některých statistických vlastnostech návrhů io, např. průměrného počtu vrcholů v rámci jedné technologické vrstvy, celkové ploše pokrytí, požadovaného počtu expozičních prvků atd. Některé požadované informace se získávají jako vedlejší produkt při běhu programů. Další se získávají např. v programu ANS1 - analýza vstupního souboru S1.

Zkušenosti z vývoje programového vybavení

Pro vývoj programového vybavení byl použit nakonec operační systém FOBOS-2, který se jevil z dostupných operačních systémů jako výrazně nejvhodnější. Pod tímto operačním systémem je také programové vybavení provozováno.

Z hlediska vývoje programů zadané úlohy přináší použití tohoto operačního systému některé problémy. Ty vyplývají z rozporu mezi posláním citovaného operačního systému - systém je určen pro vývoj a podporu programů pro práci v reálném čase - a povahou úlohy, která je náročná na objem dat a je vhodná pro dávkové zpracování. Zhruba se jedná o tyto problémy:

- pro požadovanou přesnost je nejvhodnější celočíselná aritmetika s dvojnásobnou přesností. Kompilátor Fortranu je schopen využívat tuto aritmetiku jen prostřednictvím knihovných podprogramů. Toto řešení je jak nepříjemné při programování tak i neefektivní při vlastním zpracování;
- v kompilátoru Fortan je komplikované využití 2. poloviny vnitřní paměti - za cenu určitých omezení zdrojového textu;
- základní programové vybavení má skromné prostředky pro práci se soubory - např. ve Fortranu se musí programovat práce s magnetickou páskou na fyzické úrovni. Dále neexistuje třídící program - ten si uživatel musí vytvořit sám. Neexistují prostředky pro práci s body opakování atd.

Na druhé straně je možno uvést některé přednosti operačního systému FOBOS-2 - jmenovitě pohodlné ladění programů v interaktivním přístupu. Dále pak existence příkazových řetězců, které usnadňují jak ladění tak hlavně provozování systému. Lze předpokládat, že plánovaný přechod na operační systém DOS-RV řadu shora uvedených problémů vyřeší.

Nepoměrně větší komplikace než omezení vyplývajícího z dostupného operačního systému vznikají z existující konfigurace vnějších zařízení. Je třeba si uvědomit, že rozsah dat může dosáhnout 10 MB na jednu technologickou vrstvu. Přitom kazetový disk má kapacitu 2,5 MB!

V současné době /4. čtvrtletí 1982/ probíhá ověřování přípravy expozičních dat na datech dodávaných návrhářskými pracovišti. Dále se provádí propojování přípravy expozičních dat s celým systémem ELG. V článku nebylo z důvodu omezeného rozsahu možné pojednat o řadě zajímavých a důležitých otázek. Jde zejména o tyto problémy:

- Otázka soukrytování technologických vrstev. To je zcela specifický problém technologie práce na ELG. U fotolitografie se řeší mnohem jednoduššími prostředky. V systému ELG se k soukrytování využívá řady značek - značek na plátku a značek na čipu. ELG musí před vlastní expozicí čipu vyhledat jeho značky, vyhodnotit jejich skutečnou polohu, zjistit jejich požadovanou polohu ze souboru expozičních dat a určit transformaci, která umožní přechod od požadované polohy ke skutečné poloze. Tuto transformaci pak bude ELG provádět na vstupních datech z řídicí jednotky během expozice celého čipu. Zpracování značek se promítá do přípravy expozičních dat a dokonce i do návrhu obrysové reprezentace io - bude se tedy lišit návrh pro fotolitografii a pro elektronovou litografii.
- Otázka spojování expozičních oblastí. Expoziční oblast je rozměrově omezena velikostí chyby vychylování svazku na jejím okraji. Čip, který má větší rozměr než expoziční oblast se musí exponovat při různých polohách stolu. To vede na podobný problém jako je soukrytování.
- Otázka t.zv. proximity efektu. Jde stručně řečeno o rozostření expozice vlivem sekundárních elektronů. V prvním přiblížení se toto rozostření může projevit znehodnocením detailů v blízkosti velkého exponovaného útvaru. Tento problém není dosud při přípravě expozičních dat řešen, jeho řešení se ale do této přípravy promítne velmi podstatně.
- Otázka průchodnosti celého systému ELG. O tom, že průchodnost celého systému ELG závisí velmi podstatně na přípravě expozičních dat, byla zmínka v předchozích kapitolách. Poznamenejme, že od uživatelů ELG mohou v tomto smyslu vzniknout protichůdné požadavky. Tak např. pro velkosériovou výrobu konkrétního io bude nutné provádět důkladnou optimalizaci systému při vlastním exponování, pochopitelně na úkor nárůstu času při přípravě expozičních dat. Při maloseriové výrobě může vzniknout požadavek právě opačný. To vede ve svém důsledku na různé varianty přípravy expozičních dat.
- Přechod na inovovaný řídicí systém. Stávající řídicí systém vážně omezuje průchodnost vlastního litografu. Využití maximální průchodnosti vlastního litografu vede totiž na požadavek rychlosti příkonu expozičních dat zhruba za 12 MB/sec. Jedním z řešení této situace je realizace nového řídicího systému, který by od řídicího počítače dostával data ve vhodné komprimované tvaru, např. v poměru 1 : 50, a který by tato data těsně před odesláním do litografu rozkládal na tvar požadovaný litografem. Tím vznikají na přípravu expozičních dat některé zcela nové požadavky.