

## シンボリックレイアウトシステムの開発

4R-6

藤重高志, 河西善夫, 伊藤 誠

山梨大学

## 1. はじめに

LSI設計は、製造技術の進歩により、大規模化、高集積化が進んでいる。これに伴い、レイアウト設計においては、テクノロジー・インデペンデントであるシンボリックレイアウトの重要性が高まっている。

本システムは、シンボリックレイアウトの入力、修正を行うためのシンボリックエディタ、及び、入力されたシンボリックレイアウトについて、位置の適正化と回路面積の縮小化を行うジョグの自動挿入可能なコンパクションシステムからなっている。

## 2. シンボリックエディタ

シンボリックレイアウトは、トランジスタ、コンタクト等の素子と、拡散、メタル、ポリシリコン等の配線によりマスクパターンを記述するもので、回路図とマスクパターンとの中間的な表現形式である。

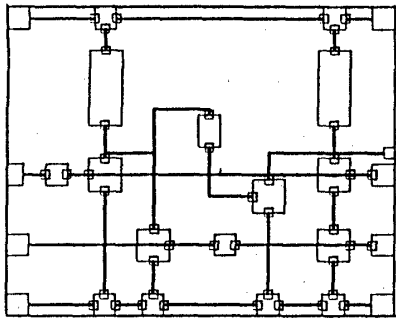


図1 入力例

本システムはパソコンを用いた会話型図形エディタであり、次のような素子の自動挿入機能を持つ。

マスクパターンでは、ポリシリコン層と拡散層の交差部分は、トランジスタやコンタクトとなる。そこで本エディタでは、各配線入力に伴い、その交差部分にトランジスタやコンタクトを自動的に挿入する機能を持っている。この時挿入される素子の選択は、挿入素子表(任意に変更可能となっている)に従って決定される。

また、配線入力中の交差について、それが設計者にとって素子の挿入を意図せず、しかもその交差が禁止されている場合、本システムでは一時的にそのような違法な交差を放置しておくようにした。

これらの機能は、入力の手間の軽減、自由度の高い入力、特に回路トポロジーを中心に考えながら入力する場合には、その意識を中断することなく入力が行えるよう配慮したものである。

本システムによる入力例を図1に示す。

## 3. コンパクションシステム

シンボリックレイアウトでは、物理的な配線の太さ、素子のサイズ、素子と配線の間隔などは、定められていない。コンパクションシステムは、マスクのデザインルールを満たすよう各シンボルのサイズと、全体のサイズをできるかぎり最小化するように決定する。

本システムではこのコンパクションを単純コンパクションと、積極コンパクションの2つに分けて行う。

## 3.1 単純コンパクション

単純コンパクションでは、素子や配線などの要素間を最小間隔にまで詰める。単純コンパクションでは、相互に接続された素子、配線などの各要素は、同時に移動させなければならない。このような、接続による要素間の拘束を表すため、それらをひとまとめにして、コンパクションブロックと呼ぶ単位で移動操作を行う。

コンパクションブロックは、シンボリックエディタの入力時点に、要素間の位置関係、および接続関係を基に作成する。

単純コンパクションでは、各コンパクションブロックの適当な位置を求めれば良い。このとき、ブロック内の各要素の位置は、それが含まれているブロックの原点からの相対で表すため、各ブロックの移動には、それぞれのブロックの原点のみを変更すれば良い。

あるブロックの位置を決定するためには、すでに位置が決定したブロック内の各要素を障壁とみなし、障壁とのすきまを詰めることによって行う。これを先頭のブロックから、最後のブロックまで繰り返して順次位置を決定していく。障壁は、障壁リストと呼ぶ線形リストによって表され、既に位置が決定されたブロックの各要素のうち、それぞれのY座標において、最右端にある要素をこれに登録する。

## 3.2 積極コンパクション

単純コンパクションのみでは面積縮小の効果が不十分であるため、この積極コンパクションにより配線の折り曲げと素子の移動（押しのけ）を行い、より高い集積化をおこなう。この積極コンパクションは、力学モデル<sup>(1)</sup>を用いたもので、以下にX方向コンパクションの場合についてその方法を説明する。

#### 1) 力（圧縮力）の伝搬

コンパクションは、左右から力をかけてレイアウトを押しつぶすものと考えられる。そこで、各要素を剛体、要素間のすきまを弾性体と考えると、圧縮力はレイアウトの左右から、となりあう要素と配線によってしだいに伝搬してゆく。その伝わり方は、レイアウトによって決まり、それを判断することによって以下の操作を行う。

#### 2) ジョグ挿入（配線の折り曲げ）

各要素に伝搬した力が、配線に対してせん断力となる時、その配線を折り曲げることによってサイズの縮小が可能である（図2）。そのため、各配線に伝わる力について、重ならない逆向きの2つの力を見つけることによりジョグの挿入点を決定できる。

この時実際に配線が折れるには、新たに左右に延びる配線線分があるため、その分Y方向の領域が必要である。そのため、配線に伝わる圧縮力の伝搬範囲はそれを予め考慮したものとなっている。

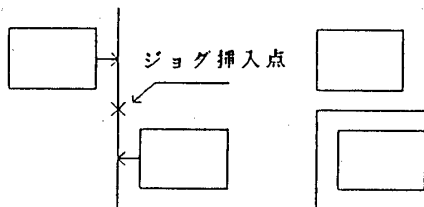


図2 ジョグの挿入

#### 3) 素子の移動（押しのけ）

となりあう素子について、もしその一方を上下に移動できれば、左右にはその分よけいに縮小できる。そこで、となりあった素子間にはその間の圧縮力をもとにして、互いに相手を上下に方向に押しのける力（移動力）が素子に生じ、その移動力によって、素子は移動されるとした（図3）

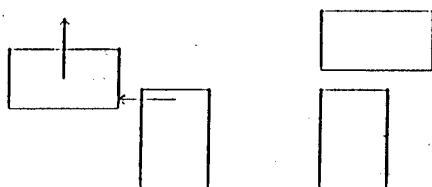


図3 素子の移動

このとき

a) 移動力は、素子間の圧縮圧力に比例する。

すなわち同じ圧縮力でも接触部分の少ない方が移動さ

れやすい。

ただし、押しのけられた素子は上下のサイズを増やす可能性がある。そのため、移動を抑制するために抗力を用いた次の方法によって移動を制御した。

b) 圧縮力と同様にして上下から抗力を伝搬させ、移動によってサイズ増大の起こる素子（上下方向の単純コンパクションでの移動可能量によって判断できる）は、その移動力が、抗力を越える場合にのみ実際の移動を行う。

コンパクションの結果例を図4、図5に示す。

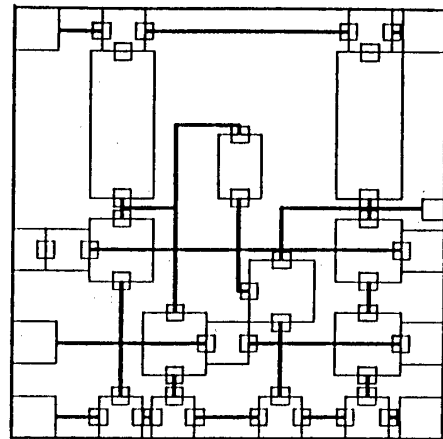


図4 単純コンパクション後

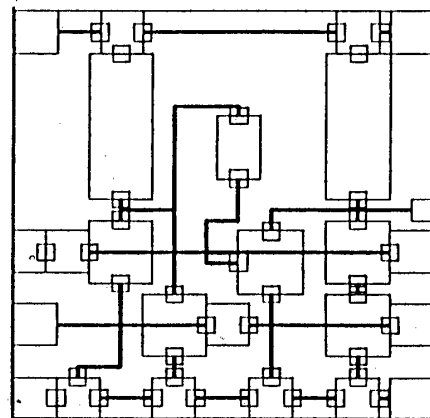


図5 積極コンパクション後

#### 4. おわりに

積極コンパクションについて力学モデルの有効性が確かめられた。特に、ある一方向を優先した縮小を行う必要がある場合には、素子の移動による効果は非常に大きい。

今後はさらにコンパクション効果を高めて行きたい。

#### 5. 参考文献

[1] 河西善夫, 伊藤 誠: 「効果的コンパクションの実現」情報処理学会第32回全国大会論文集 PP. 1957-1958, 1986