

投影エッジ相関法(1)

6D-7 LSIマスク図とSEM像のアライメント

大窪和生 手操弘典 伊藤昭夫

株式会社富士通研究所 厚木研究所

1. はじめに

LSI配線の複雑化・微細化にともない、電子ビームテスト(EBテスト)を用いた自動プロービングシステムによるLSI内部診断の効率化が期待されている。

自動プロービングの実現には、LSIのマスク図データと走査型電子顕微鏡(SEM)像の自動アライメントが不可欠であり、具体的には倍率誤差、シフト誤差、線幅誤差の検出と補正を行う必要がある。^{1),2)} この線幅誤差は、LSI配線の線幅がマスク露光等のプロセス条件に依存するために発生するもので、最小線幅の20%程度の大きさである。

そこで、ベクトルデータとして記述されているマスク図データから上下左右の属性付きで配線エッジを抽出できる事を利用し、左右(上下)のエッジで独立にマスク図のエッジとSEM像の相関度を評価する事により線幅補正を可能にし、エッジの近傍のSEM像を投影データに圧縮する事により処理の高速化を図った投影エッジ相関法を開発した。

2. 線幅補正処理

図2に線幅補正の概念を示す。図中の点線はSEM像の配線パターンのエッジを、実線はマスク図のエッジを示したものであり、倍率とシフトは正しく補正された状態である。

しかし、線幅が δw 異なるため、この状態では有意な相関は得られない。ここで、マスク図をSEM像に対して左に $\delta w/2$ だけシフトさせるとマスク図とSEM像の左エッジが完全に重なり合う。右エッジの場合も同様である。

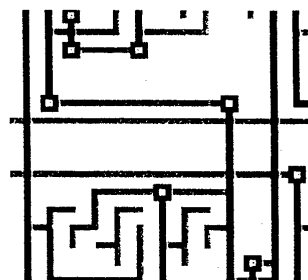
従って、シフト補正量 s 、倍率補正量 m を与えた場合のマスク図の右エッジとSEM像の相関度を $CR(s, m)$ 、左エッジとの相関度を $CL(s, m)$ とすると、

$$C_{tot}(s, m, w/2) = CR(s+w/2, m) + CL(s-w/2, m)$$

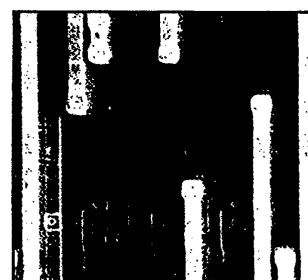
を最大にする s, m, w がシフト、倍率および線幅の補正量を与えることになり、線幅誤差 δw が有る場合でもシフトと倍率を正確に補正する事ができる。

3. 投影エッジ相関処理

線幅補正を効率的に行うために、相関度行列 CL, CR を予め算定する投影エッジ相関処理を考案した。相関度行列の算定が投影エッジ相関処理全体の処理時間を支配するため、以下に示す手法により処理時間の短縮をはかった。



(1)マスク図



(2)SEM像

図1 マスク図とSEM像(アライメント前)

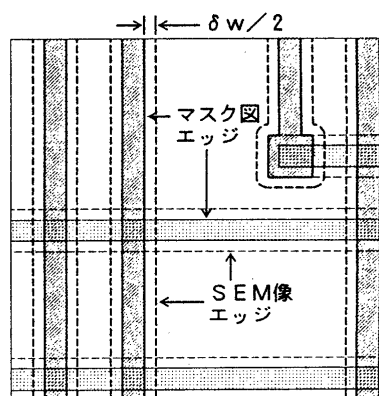


図2 線幅誤差 δw

- ・ L S I 配線の大部分が直交パターンである事を利用し、X方向とY方向のマッチングを独立に実行する。
- ・ 右 (左) 相関度行列をCR (CL) を、マスク図から検出した個々の右 (左) エッジとSEM像の相関度の寄与分の和として求める。
- ・ 各エッジの寄与分の評価に必要な情報がエッジに垂直方向のSEM像の変化分であることを利用し、当該エッジ近傍の画素をエッジに沿って積算して投影 (部分投影) を求めてSEM像を圧縮し、エッジ検出の演算量を減らす。

図3に右相関度行列の発生手順を示す。処理の先頭で相関度行列をクリアし、次に個々のエッジの寄与分を相関度行列に加算する。各エッジの寄与分は、部分投影の取得、投影データのエッジデータへの変換、エッジデータの相関度行列への加算といった手順で求められる。

部分投影取得領域の大きさは、SEM像上で着目するエッジが存在する可能性の有る範囲であり、補正すべき誤差の大きさに依存する。エッジデータは、投影データの差分処理により得られる。このエッジデータ $e(x)$ は、エッジが座標 x に存在する場合のエッジとSEM像の相関度である。

倍率補正量 m を与えた時のエッジ位置を $i(m)$ とすると、さらにシフト量 s を与えた場合のエッジ位置は $i(m)+s$ となるため、エッジデータのCR(s, m) への寄与分は $e(i(m)+s)$ となる。従って、まず倍率補正量 m を与えて $i(m)$ を求め、次にシフト補正量の下限から上限まで s を順次インクリメントして次式に従って値を更新することにより、

$$CR(s, m) := CR(s, m) + e(i(m)+s)$$

$e(x)$ と $i(m)$ の算定を除いては、データのリード/ライトと加算だけで寄与分の算定が可能となり、非常に高速に相関度行列を発生できる (図4)。

4. 評価

SPARCstation2(28.5MIPS) を用いて、最小線幅 $2 \mu\text{m}$ のASICでパターンマッチングの処理時間を評価した。

評価の条件は、シフト誤差補正範囲 $\pm 10 \mu\text{m}$ (分解能1画素)、倍率誤差補正範囲 $\pm 5\%$ (分解能0.2%)、線幅誤差補正範囲 $0 \sim 1 \mu\text{m}$ (分解能1画素) である。SEM像は 512×512 画素で構成されている。処理時間 T (秒) は、視野 F ($100 \sim 150 \mu\text{m}^2$)、マッチングに用いたエッジ数 N 、シフト誤差補正範囲 E (μm) により以下のように表される。

$$T \approx 0.03 \cdot N \cdot E / F + 0.5$$

0.5 秒の固定分は、SEM像の前処理時間である。エッジ数が200程度の場合でも処理時間は3秒以下とSEM像の取得時間 (2秒: 転送時間を除く) とほぼ同等である。

今後は知識処理をとりいれ、周期性が強い場合やSEM像の見えかたが著しく異なる場合の性能向上を目的とした改良を進める予定である。

参考文献

- 1) 手操他, “L S I 配線へのEB自動位置決め方式の検討”, 第52応物学会講演会, p. 532, (1991)
- 2) 大窪他, “EBテストにおけるL S I 配線へのEB自動位置決め方式の検討”, 学振132委員会第117回研究会資料, p. 153-158, (1991)

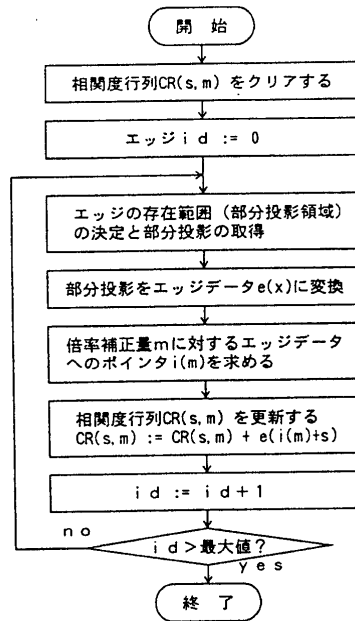


図3 相関度行列発生アルゴリズム

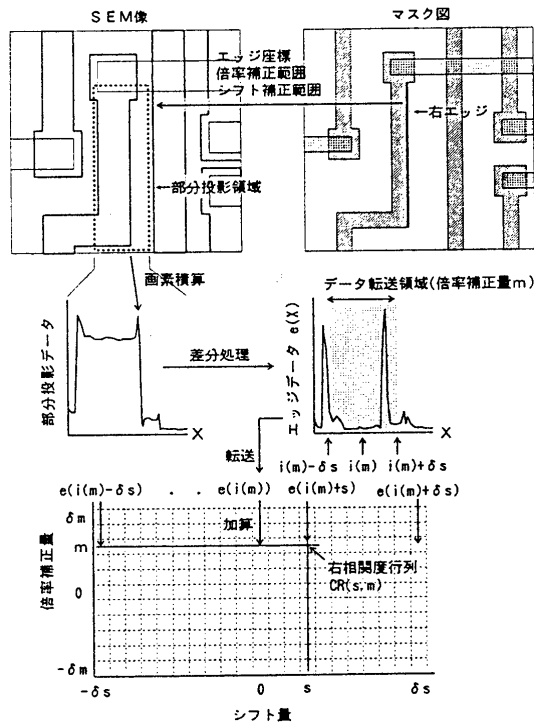


図4 相関度行列の高速発生処理におけるデータの流れ