

65—90 nm 技术节点的 WCA 模型和提取算法^{*}

王俊平^{1)†} 郝 跃²⁾

1) 西安电子科技大学通信工程学院, 西安 710071)

2) 西安电子科技大学微电子学院, 西安 710071)

(2008 年 7 月 19 日收到, 2008 年 10 月 21 日收到修改稿)

在 90 nm 和 65 nm 技术节点, 集成电路制造业的投资剧增而随机成品率却在下降, 为了提升随机成品率, 带权关键面积的 (WCA) 计算和排序是关键. 文中基于数学形态学提出了一种随机缺陷轮廓的 WCA 新模型, 该模型不仅考虑了 90 nm 和 65 nm 工艺中缺陷在布线区域和空白区域的不同密度, 而且也考虑了缺陷在粒径上的分布特性; 同时还设计并实现了与新模型对应的 WCA 提取与排序算法. 部分版图上的实验结果表明新 WCA 可以作为版图优化的代价函数, 从而为随机缺陷的版图优化提供了精确依据.

关键词: 缺陷空间分布, 缺陷粒径分布, 关键面积, 版图优化

PACC: 8116, 6630L, 8220W, 6780M

1. 引言

随着大规模集成电路 (VLSI) 技术进入到 90 nm 和 65 nm 技术节点, 随机缺陷引起的成品率损失越来越严重. 由于在 90 nm 及以下的标准制造环境下, 难以克服随机缺陷引起的成品率损失, 因此依赖设计减少成品率损失的成品率设计成为当前的研究热点.

为了有效地实现成品率设计, 要求在设计阶段, 特别是版图设计阶段, 对引起随机成品率损失的缺陷信息有所警觉, 并根据该信息改进设计, 减少成品率损失^[1-6]. 通常联系制造工艺和设计的关键参数是关键面积和缺陷密度. 关键面积体现了设计版图对制造缺陷的敏感程度, 缺陷密度则反映了缺陷在晶片上的空间分布特性. 如何利用缺陷信息改变已有的版图布线以减少关键面积是版图优化的难题之一. 已有实验结果表明制造工艺中的真实缺陷轮廓是非规则形状^[7-11], 且在 90 nm 工艺下, 缺陷在金属区域和空白区域的密度不同^[12-16]. 在文献 [17—20] 中, 提出一种带权关键面积 (WCA) 模型, 模型中权为缺陷的粒径密度, 模型较好地解决了桥型故障的诊断问题, 但是对于 90 nm 及以下技术的缺陷空间分布特性未加考虑. 在文献 [14] 中也提出一种带权

关键面积模型, 讨论了缺陷在空间的分布特性, 但没有考虑缺陷的真实形状, 从而使成品率设计不够精确.

本文提出一种真实缺陷的带权关键面积新模型及相应的实现算法, 它同时考虑了缺陷的真实轮廓特征、粒径特征和空间分布特征. 在 WCA 模型中, 应用缺陷的真实形状, 可提高其计算精度; 考虑缺陷的粒径分布, 能准确反应版图对缺陷的粒径敏感度; 考虑缺陷的空间分布特性, 则使版图优化设计进一步地适应新的 90 nm 及以下技术节点成品率提升的需求. 在 WCA 提取算法设计中, 应用可视矩阵 $r(N_1, N_2)$ 表示线网对的在不同方向上的重叠性, 使 WCA 算法的时间复杂度显著降低. 在一组版图上的实验结果表明了本文方法的精确性和有效性.

2. WCA 新模型

研究表明, 真实随机缺陷轮廓比其等价圆缺陷轮廓在关键面积的计算中更加精确, 因此本文基于随机缺陷轮廓讨论带权关键面积新模型.

2.1. 版图和真实缺陷的矩阵表示

本文 WCA 研究中, 版图由二维版图矩阵

^{*} 西安应用材料创新基金 (批准号: XA-AM-200601) 和西安市科技计划 (批准号: CXY08018-1) 资助的课题.

[†] E-mail: jipwang@mail.xidian.edu.cn

$L_{N_1 \times N_2}$ 表示, 其中 $L[i, j] = 0$ 或 $1 (0 \leq i < N_1, 0 \leq j < N_2)$. 布线在版图矩阵上的转换规则是: 如果布线覆盖网格位置 (i, j) , 该网格位置的值 $L[i, j] = 1$, 否则 $L[i, j] = 0$. 图 1 是版图的矩阵表示例, r 为网格单位, 版图上的布线由 $L[i, j] = 1$ 的集合组成, 如图中黑色区域所示. 类似地, 缺陷由两维矩阵 $D_{D_1 \times D_2}$ 表示, 其中 $X[i, j] = 0$ 或 $1 (0 \leq i < D_1, 0 \leq j < D_2)$. 缺陷在矩阵上的转换规则是: 如果缺陷覆盖

网格位置 (i, j) , 该网格位置的值 $X[i, j] = 1$, 否则 $X[i, j] = 0$, 其中网格单位与表示版图的网格单位相同. 真实缺陷由 $X[i, j] = 1$ 的集合组成. 对于一随机缺陷 $D(X_c, Y_c)$, 令 (X_c, Y_c) 是形心, 则 $X_c = M_x/A, Y_c = M_y/A$, 其中 M_x 和 M_y 为缺陷对 x 轴和 y 轴的一阶矩, A 为缺陷面积.

2.2. 一对线网的随机缺陷轮廓的短路关键面积计算

对 n_1 行 m_1 列的任意形状线网 $N_1(i_1, j_1)$, 其中 $i_1 = 1, 2, \dots, n_1; j_1 = 1, 2, \dots, m_1$ 和 n_2 行 m_2 列的任意形状线网 $N_2(i_2, j_2)$, 其中 $i_2 = 1, 2, \dots, n_2; j_2 = 1, 2, \dots, m_2$, 导致其连通的缺陷中心组成的区域就是这两个线网的短路关键面积. 根据形态学膨胀运算及短路关键面积的定义, 真实多余物缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 与线网 N_1, N_2 膨胀运算的交集为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 对任意形状线网 N_1, N_2 的关键面积 $A_s(X_c, Y_c, N_1, N_2)$ 表示为

$$A_s(X_c, Y_c, N_1, N_2) = \begin{cases} (\text{ASD}(X_c, Y_c, N_1, N_2) - SN_1 - SN_2) / UN_1 & \text{对于所有 } (i_1, j_1) \text{ 和 } (i_2, j_2), SN_1 \neq 0, SN_2 \neq 0, \\ \text{ASD}(X_c, Y_c, N_1, N_2) & \text{其他,} \end{cases} \quad (1)$$

其中真实缺陷和结构元素均为缺陷 $D(X_c, Y_c)$, $\text{ASD}(X_c, Y_c, N_1, N_2)$ 为 $\text{DILATE}(N_1, X_c, Y_c)$ 和 $\text{DILATE}(N_2, X_c, Y_c)$ 的相交区域, $\text{DILATE}(N_1, X_c, Y_c)$ 为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 对 N_1 的膨胀, $\text{DILATE}(N_2, X_c, Y_c)$ 为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 对 N_2 的膨胀).

2.3. 单一线网的随机缺陷轮廓的开路关键面积计算模型

由于复杂线网形状根据版图最大线宽可拆分为多条水平方向及垂直线网, 因此将 $N(i, j)$ 分为垂直方向的任意形状线网 ($m > n$) 和水平方向任意形状线网 ($m \leq n$) 两种情况, 分别讨论其开路关键面积模型.

对 n 行 m 列的任意形状线网 $N(i, j)$, 其中 $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$, 导致其开路的缺陷中心组成的区域就是线网 N 的开路关键面积.

当 $m > n$ 时, 根据形态学膨胀运算及开路关键

面积的定义, 取结构元素为真实缺陷 $D(X_c, Y_c)$, 其中真实缺陷的形心和结构元素的原点位置均为 (X_c, Y_c) ; 线网 $N(i, j)$ 的边界为 $NE((i_{\min}, i_{\max}), (j_{\min}, j_{\max}))$ 其中 $(i_{\min}, i_{\max})$ 分别为边界行最小值及最大值, $(j_{\min}, j_{\max})$ 分别为边界列最小值及最大值, 据此将 NE 分为上下两部分 NE_u 及 NE_d , 那么 NE_u, NE_d 与真实缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 膨胀运算的交集为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 对任意形状线网 N 的开路关键面积 $A_{oh}(X_c, Y_c, NE_u, NE_d)$ 为

$$\begin{aligned} A_{oh}(X_c, Y_c, NE_u, NE_d) &= \text{DILATE}(NE_u, X_c, Y_c) \\ &\cap \text{DILATE}(NE_d, X_c, Y_c), \end{aligned} \quad (2)$$

其中 $A_{oh}(X_c, Y_c, NE_u, NE_d)$ 为 0, 对应于最小尺寸缺陷在版图上不会引起线网开路. $A_{oh}(X_c, Y_c, NE_u, NE_d)$ 取较小值, 对应于较小尺寸缺陷在版图上的关键面积区域. 缺陷尺寸较大时, 此时关键面积取最大值, 为版图面积.

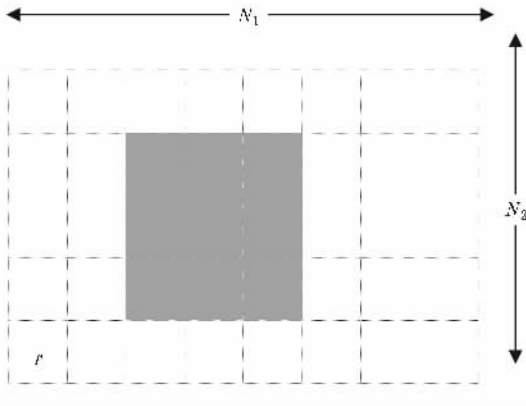


图 1 版图的矩阵表示

类似地, 当 $m \leq n$ 时, 线网的开路关键面积为

$$\begin{aligned} & A_{\text{on}}(X_c, Y_c, NE_L, NE_R) \\ &= \text{DILATE}(NE_L, X_c, Y_c) \\ &\cap \text{DILATE}(NE_R, X_c, Y_c), \end{aligned} \quad (3)$$

其中线网 NE_L, NE_R 分别为线网 NE 左右边缘。

通过 (2) 和 (3) 式可求出缺陷在水平方向及垂直方向的任意形状线网的开路关键面积, 两者合并就可获得复杂形状线网的开路关键面积, 有

$$\begin{aligned} A_o(X_c, Y_c, N) &= A_{\text{oh}}(X_c, Y_c, NE_u, NE_d) \\ &+ A_{\text{on}}(X_c, Y_c, NE_L, NE_R). \end{aligned} \quad (4)$$

2.4. 考虑缺陷空间和粒径分布的 WCA 新模型

对于特定的版图层, 令 M 为该层缺陷的集合, $D(X_c, Y_c)$ 为任意形状的缺陷, $P(X_c, Y_c)$ 为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 的粒径发生的概率, 其中 $D(X_c, Y_c) \in M$, 则考虑缺陷粒径分布的线网对 (N_1, N_2) 的带权短路关键面积为

$$\begin{aligned} A_{\text{ss}}(N_1, N_2) &= \sum_{D(X_c, Y_c) \in M} (A_o(X_c, Y_c, N_1, N_2) \\ &\times P(X_c, Y_c)), \end{aligned} \quad (5)$$

而考虑缺陷粒径分布的线网 N 的开路关键面积为

$$A_{\text{os}}(N) = \sum_{D(X_c, Y_c) \in M} (A_o(X_c, Y_c, N) \times P(X_c, Y_c)). \quad (6)$$

在 90 nm 及以下技术节点制造工艺中, 缺陷在布线区域和空白区域具有不同的分布密度, 例如在互连层, 采用铜互连的双大马士革工艺结构, 其缺陷在导线区域比空白区域呈现更高的密度. 对于特定的版图层, 令 N_M 为该层线网的集合, N_W 为该层空白区域的集合, $P_M(X_c, Y_c)$ 为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 在 N_M 上发生的概率, $P_W(X_c, Y_c)$ 为缺陷 $D(X_c, Y_c)$ 在 N_W 上发生的概率, 则考虑缺陷空间密度分布和粒径分布的线网对 (N_1, N_2) 的带权短路关键面积为

$$\begin{aligned} A_{\text{sss}}(N_1, N_2) &= \sum_{D(X_c, Y_c) \in M} (A_S(X_c, Y_c, N_1, N_2) \\ &\times P(X_c, Y_c) \times P_W(X_c, Y_c)) \end{aligned} \quad (7)$$

而考虑缺陷空间密度分布和粒径分布的线网 N 的开路关键面积为

$$\begin{aligned} A_{\text{oss}}(N) &= \sum_{D(X_c, Y_c) \in M} (A_o(X_c, Y_c, N) \\ &\times P(X_c, Y_c) \times P_M(X_c, Y_c)). \end{aligned} \quad (8)$$

对于特定的版图层, 经 (7) 式可求出每对线网的带权短路关键面积, 与最大带权短路关键面积 A_{sss}

$(N_{1\text{max}}, N_{2\text{max}})$ 对应的线网 $N_{1\text{max}}$ 和 $N_{2\text{max}}$ 就是要优化的线网对. 对该线网优化, 在一定的设计规则约束下, 通过增加其间距, 减少带权关键面积. 同理, 经 (8) 式可求出各线网的带权开路关键面积, 与最大带权开路关键面积 $A_{\text{oss}}(N_{\text{max}})$ 对应的线网就是要优化的线网. 对最大带权关键面积的线网, 在设计规则的约束下, 增加线宽以降低带权开路关键面积. 由此可见, (7) 和 (8) 式可作为版图优化设计的依据.

3. WCA 的提取算法及应用

下面, 首先给出 WCA 提取算法的步骤, 然后结合各步骤说明 WCA 算法的设计思想和算法用于优化版图设计的过程, 最后分析算法的性能.

对特定的版图层 I , 假设缺陷组成缺陷集和为 M , 其粒径服从概率分布 $\{P(X_c, Y_c) | D(X_c, Y_c) \in M\}$, 布线区域服从概率分布 $\{P_M(X_c, Y_c) | D(X_c, Y_c) \in M\}$, 非布线区域服从概率分布 $\{P_W(X_c, Y_c) | D(X_c, Y_c) \in M\}$, 线网个数为 N_{num} . 将版图矩阵分为块, 结合 WCA 模型及已知的缺陷数据, 每块版图矩阵提取其短路 WCA 算法如下:

算法 1 带有排序的单一缺陷的 WCA 提取和排序算法

1) 输入版图矩阵 $L_{N_1 \times N_2}$.

2) 标记各连通区域, 获得 L 的线网个数 N_{num} 及其列位置.

3) 可视矩阵 $r[j, k]$ 初始化为 1, 其中 $1 \leq j, k \leq N_{\text{num}}$ 及 $j \neq k$, 即 $r[k, k] = 0$. $r[j, k] = 1$ 表示线网 j 和线网 k 间有关键面积; $r[j, k] = 0$ 表示线网 j 和线网 k 间关键面积为 0.

4) $g[j, 1]$ 为线网 j 的最小行坐标, $g[j, 2]$ 为线网 j 的最大行坐标, $g[j, 3]$ 为线网 j 的最小列坐标, $g[j, 4]$ 为线网 j 的最大列行坐标, 其中 $1 \leq j \leq N_{\text{num}}$.

5) 缺陷矩阵 $D_{D_1 \times D_2}(X_c, Y_c)$, $D_{D_1 \times D_2}(X_c, Y_c) \in M$.

6) 如果第 j 个线网的最大行与第 k 个线网的最小行之差大于 D_1 , 或者如果第 j 个线网的最大列与第 k 个线网的最小列之差大于 D_2 , 则 $r[j, k] = 0$; $r[k, j] = 0$, 其中 $1 \leq j \leq N_{\text{num}}, k = j + 1$.

7) 输入第 j 和第 k 个线网间的空间概率 $p_w(j, k)$, 其中 $1 \leq j, k \leq N_{\text{num}}$.

8) 输入缺陷粒径概率 $P(X_c, Y_c)$.

- 9) $j = 1, h = 0, h$ 为计数器.
- 10) 膨胀第 j 个线网.
- 11) $k = j + 1$.
- 12) 如果 $r[j, k] = 1$, 膨胀第 k 个线网, 求第 j, k 膨胀线网的交集面积, 即关键面积 C_a .
- 13) $C_a = C_a \times P(X_c, Y_c) \times p_a(j, k)$.
- 14) 如果 $C_a > 0, h = h + 1; [1, h] = j; [2, h] = k; [3, h] = C_a$.
- 15) $k = k + 1$, 如果 $k < N_{\text{num}}$ 转 12).
- 16) $j = j + 1$, 如果 $k < N_{\text{num}}$ 转 10).
- 17) 求 $\max([3, h])$ 及与之相对应的线网对 i_{max} 和 j_{max} .
- 18) 对 $[3, h]$ 求和, 即为该层版图的 WCA.

算法 1 第 1 步, 第 2 步输入版图矩阵, 获得线网的数量, 按列对线网进行编号. 如图 2 所示版图, 经算法第 1 步和第 2 步运行后, $N_{\text{num}} = 13$, 各线网编号的对应编号如图中数字所示. 为了加快算法的执行速度, 算法第 3 步设计了两维可视矩阵 $r[j, k]$. $r[j, k]$ 的定义为: 如果线网 j 和线网 k 有水平或垂直方向上的重叠区域, 则 $r[j, k] = 1$, 它表示线网 j 和线网 k 间存在短路关键面积; 如果线网 j 和线网 k 没有水平或垂直方向上的重叠区域, 则 $r[j, k] = 0$, 它表示线网 j 和线网 k 间的短路关键面积为 0. 例如在水平方向上, 图 2 中 $r[1, 5] = 1$, 而 $r[1, 2] = 0$. 算法第 4 步—第 6 步给出了特定缺陷的各线网的非可视性条件. 如果线网 j 的最大行与线网 k 的最小行之差大于缺陷的宽度 D_1 , 则线网 j 和线网 k 不可视, $r[j, k] = 0$; 否则, 如果线网 j 最大列与线网 k 的最

小列之差大于缺陷的高度 D_2 , 则线网 j 和线网 k 不可视, $r[k, j] = 0$. 算法第 7 步, 第 8 步是缺陷的粒径和空间分布. 算法第 9 步—第 16 步通过两重循环计算各线网对的关键面积. 其中第 12 步表示只是对可视的线网对计算关键面积, 其关键面积通过 (1) 式获得; 第 13 步通过 (7) 式得出考虑缺陷空间和粒径分布的关键面积并记录在两维数组 $[3, h]$ 中, 其中 $[1, h]$ 和 $[2, h]$ 分别表示第 h 个关键面积对应的线网对标记. 算法第 14 步计算第 h 个关键面积 $[3, h]$. 算法第 17 步, 第 18 步取得关键面积的最大值, 该最大值指出了版图优化的位置及相应的优化线网对.

算法 1 应用于版图优化的过程. 如图 3 是算法 1 运行的 WCA 的图形表示. 表 1 是与版图 2 对应的各线网对的 WCA. 表 1 第 1 和第 2 行为线网对的标记, 第 3 列为线网对的 WCA. 由表 1 可见图 2 中的线网 N_5 与线网 N_6 间和线网 N_{10} 与线网 N_{11} 间的关键面积最大, 其值均为 2652 u^2 (其中 u 为网格度量单位). 可见, 版图优化的线网对为 (N_5, N_6) 和 (N_{10}, N_{11}) . 分别增加原始版图中 (N_5, N_6) 和 (N_{10}, N_{11}) 的间距, 增加间距后的版图如图 3 所示, 用同样的缺陷求得 N_5 与 N_6 线网对的关键面积为 360.125 u^2 , 关键面积减少了 2291.875 u^2 , 优化前后的关键面积的图形如图 4 和图 5 所示. 对于优化后的版图, 再次调用算法 1, 此时关键面积的最大值对应于线网对 (N_3, N_4) 和 (N_3, N_9) , 其值均为 1676.25 u^2 , 很明显线网对 (N_3, N_4) 和 (N_3, N_9) 是当前的候选优化布线. 由此可见, 通过算法 1 的反复调用, 就可以实现版图的优化设计.

表 1 线网的 C_a

网	5	10	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	
网	6	11	6	8	10	11	13	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	2	5
C_a/u^2	2562.00	2562.00	498.25	138.13	498.25	498.25	120.13	524.13	1788.25	1432.25	1432.25	1760.00	568.25	1788.25	1432.25	1432.25	1760.00	484.13	140.13	498.25

算法 1 的时间复杂度分析. 明显地, 算法 1 的第 9 步—第 16 步是用两重循环计算各线网对的关键面积, 这是算法主要时间消耗. 对于 N 个线网的版图, 不考虑 r 矩阵时, 该两重循环的平均时间复杂度为 $O(n^2)$. 由于在实际版图中, 一个线网只和少数几个线网间是可视的, 因此本算法采用优化方法来降低时间复杂度, 具体通过可视矩阵 r 的应用减少了算法的执行时间. 优化后的算法时间复杂度为 $O(nr_n)$, 其中 r_n 为 r 中非零元素的个数. 表 2 是算法对一组版图的运行结果. 表中第 1 到第 5 列分别表示版图名称、缺陷的大小、版图中包含的线网

数、使用可视矩阵 r 前的 CPU 运行时间、使用可视矩阵 r 后的 CPU 运行时间和提取的带权关键面积. 比较表 2 第 4 和第 5 列, 可视矩阵 r 的使用显著降低了 WCA 的提取时间. 由表 2 第 3 列和第 5 列的结果可以看出, 在缺陷形状不变的情况下, 算法的执行时间随着版图的线网数的增加而增加. 因此, 对于大型的 VLSI 版图, 可采取分治策略降低算法的执行时间. 分治策略应用于版图 WCA 的主要思想是, 首先将版图分为较小的块, 然后计算各块的 WCA. 另外值得一提的是, 本文算法的执行时间还可以进一步缩短. 第一, 数学形态学运算的特点是便于硬件并行

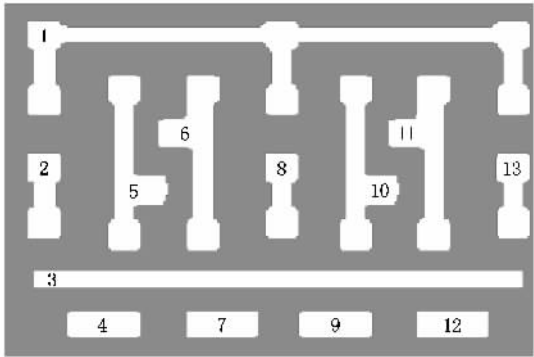


图2 版图 SRAM 的线网标记

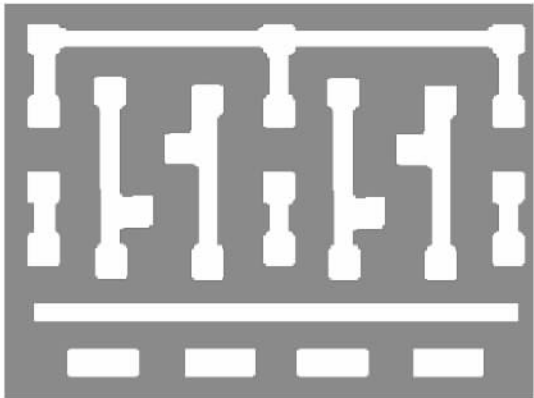


图3 第一次优化后的版图

WCA 运算可以分布式进行 ,这样算法的最长执行时间为单个缺陷 WCA 的时间最大值 .由此可见本算法在硬件投资许可的情况下 ,其执行时间可成倍缩短 ,呈现出良好的应用前景 .

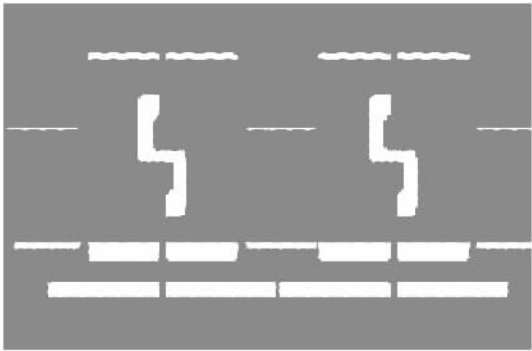


图4 优化前的关键面积图

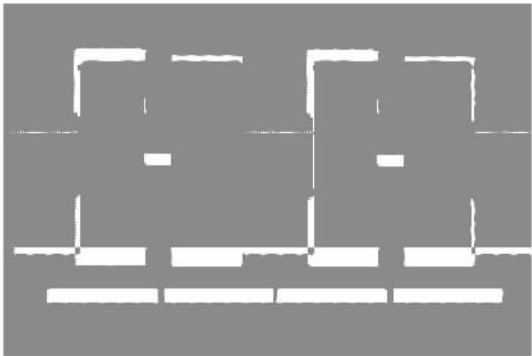


图5 第一次优化后的关键面积图

实现 ,据此可将算法在块内的执行时间缩短 N 倍 , N 为块内的线网个数 .第二 ,对不同缺陷轮廓的

表2 部分版图上的运行结果

版图	缺陷	线网数	CPU 时间/(优化前)	CPU 时间/(优化后)	WCA/ μ^2
Sram3	(41 × 40)	13	1.063	0.281	2.189×10^4
Sample31	(41 × 40)	74	102.063	4.703	9.287×10^4
Sample21	(41 × 40)	27	10.500	1.797	5.969×10^3
Sample11	(41 × 40)	9	2.3594	0.656	0.000
Sample41	(41 × 40)	74	115.000	4.531	1.620×10^5
Sample51	(41 × 40)	31	20.438	2.000	2.007×10^4
Musb	(41 × 40)	605	1743.7000	26.125	4.392×10^5

表3 本文算法和其他算法的性能比较

性能	缺陷模型	版图形状	缺陷分布	CPU 运行时间	精确性	版图优化
本文算法	随机形状	随机形状	粒径、空间	可行	更精确	直观
已有算法 ^[6,10,11]	圆形	矩形	粒径、空间	可行	精确	一般



算法 1 与其他算法性能的比较. 表 3 是算法 1 和其他算法的性能对比. 由表 3 可见, 本文算法有以下几方面的优点: 1) 充分考虑制造的工艺信息, 既考虑微粒粒径分布, 也考虑微粒在晶片上的密度变化; 2) 使用随机缺陷模型, 使缺陷的表征更符合其自然形态; 3) 引入可视矩阵 $r(N_1, N_2)$ 表示线网对在不同方向上的重叠性, 使算法执行时间显著降低; 4) 将数学形态学理论用于 WCA 提取中, 使 WCA 提取算法的并行实现成为可能; 5) 各线网对的 WCA 排序, 给出具体的版图优化位置, 使版图优化直观可行.

关于开路 WCA 的算法设计和实现及应用, 因篇幅所限, 作者将在后续文中继续讨论.

4. 结 论

本文提出了一种新的 WCA 模型, 模型考虑了缺陷的空间和粒径分布, 基于数学形态学理论设计并实现了短路 WCA 的提取算法, 并将之初步应用于版图的优化设计中. 实验结果表明本文 WCA 不仅可以提取带权关键面积的大小, 还可以给出优化线网的具体位置信息, 这将十分有利于版图的优化设计. 本文算法给出待优化线网的位置信息后, 如何自动实现优化线网的变化, 及在变化中如何考虑时序约束, 将是继续需要研究的问题.

-
- [1] Goel H , Dance D 2003 *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop IEEE/SEMI* 262
 - [2] Zhang J M , Zhang Y , Xu K W 2005 *Chin. Phys.* **14** 1006
 - [3] Chen B , Gao T , Zhang C Y , Zhang Y G , Zhou J J , Zhu Z H 2008 *Acta Phys. Sin.* **57** 4379 (in Chinese) [陈 波、高 涛、张传瑜、张云光、周晶晶、朱正和 2008 *物理学报* **57** 4379]
 - [4] Li D , Wang Z S , Zheng W W 2008 *Chin. Phys. B* **17** 1916
 - [5] Jin C J 2008 *Chin. Phys. B* **17** 1298
 - [6] Ducotey G , Couvrat A , Audran V , Pepper D , Couturier L , David D 2008 *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference IEEE/SEMI* 138
 - [7] Jin C J 2008 *Chin. Phys. B* **17** 1298
 - [8] Sang C , Rying E , Perry A , Lam S , St L 2007 *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference* 69
 - [9] Ou Y Y , Peng J C , Peng Z H , Wang H 2008 *Chin. Phys. B* **17** 3123
 - [10] Ronnie P , Hanan E , Eran 2008 *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference IEEE/SEMI* 53
 - [11] Porat R , Dotan K , Hemar S , Levin L , Li K , Sung G , Lin C , Lin S , Wang H 2008 *Advanced Semiconductor Manufacturing Conference IEEE/SEMI* 11
 - [12] Huang R , Li C , Liao H L , Wang Y Y 2008 *Chin. Phys. B* **7** 2730
 - [13] Yang X S , Wang Y , Dong L , Qi L Z , Zhang F 2004 *Chin. Phys.* **13** 1516
 - [14] Wang J P , Hao Y 2005 *Chin. J. Semicond.* **26** 1054 (in Chinese) [王俊平、郝 跃 2005 *半导体学报* **26** 1054]
 - [15] Sujit T Z , Sreejit C 2003 *IEEE Trans. VLSI* **11** 103
 - [16] Zong Z X , Du L , Zhang Y Q , He L , Wu Y 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 5872 (in Chinese) [宗兆翔、杜 磊、庄奕琪、何 亮、吴 勇 2005 *物理学报* **54** 5872]
 - [17] Gong T X , Wang Y J 2005 *Chin. Phys.* **14** 45
 - [18] Xu J 2006 *Acta Phys. Sin.* **55** 1107 (in Chinese) [徐 敬 2006 *物理学报* **55** 1107]
 - [19] Xiong Z H , Lei M S 2005 *Chin. Phys.* **14** 1199
 - [20] Zachariah S T , Chakravarty S 2000 *IEEE Test Conf.* 750

Efficient WCA algorithm for 65—90 nm processes ^{*}

Wang Jun-Ping^{1)†} Hao Yue²⁾

1) *School of Communication Engineering ,Xidian University ,Xi 'an 710071 ,China)*

2) *Microelectronics Institute , Xidian University , Xi 'an 710071 , China)*

(Received 19 July 2008 ; revised manuscript received 21 October 2008)

Abstract

For modern processes at 90 nm and 65 nm technology nodes , the random yield loss can contribute much to the total yield loss . Hence , it is essential to calculate the critical area to analyse the areas of design , and make changes to improve the random yield. This study provides a novel weighted critical area (WCA) of arbitrary defect outline , which takes into account the clustering effect in the metal and empty regions of the chip as well as the size distribution of random defects . Then , two fast and accurate algorithms related-WCA extraction and its sort of WCAs are implemented , which can sever as a cost function of layout optimization for the random yield improvement .

Keywords : spatial distribution of random defects , size distribution of random defects , critical area , layout optimization

PACC : 8116 , 6630L , 8220W , 6780M

^{*} Project supported by the Xi 'an Applied Materials Innovation Fund ,China(Grant No. XA-AM-200601)and the Science & Technology Program of Xi 'an , China(Grant No. CXY08018-1).

[†] E-mail :jpwang@mail.xidian.edu.cn