



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106294936 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610606958.4

(22)申请日 2016.07.28

(71)申请人 上海华力微电子有限公司

地址 201210 上海市浦东新区张江高科技
园区高斯路568号

(72)发明人 曹云 阚欢 魏芳 朱骏 吕煜坤
张旭昇

(74)专利代理机构 上海天辰知识产权代理事务
所(特殊普通合伙) 31275

代理人 吴世华 陈慧弘

(51)Int.Cl.

G06F 17/50(2006.01)

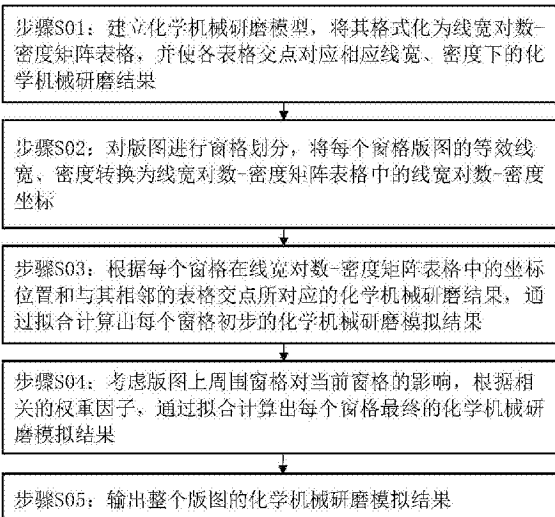
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

一种化学机械研磨模拟方法

(57)摘要

本发明公开了一种化学机械研磨模拟方法,包括建立化学机械研磨模型,并格式化为与化学机械研磨结果对应的线宽对数-密度矩阵表格,对版图进行窗格划分,将每个窗格版图的等效线宽、密度转换为模型表格中的线宽对数-密度坐标,根据每个窗格在模型表格中的坐标位置 and 与其相邻的表格交点所对应的化学机械研磨结果,计算出每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果,并考虑版图上周围窗格对当前窗格的影响,根据相关的权重因子,计算出每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果并输出;可在保证产品模拟预测结果准确性的基础上,大幅提升对化学机械研磨工艺的模拟速度,及时检查出化学机械研磨工艺设计热点,缩短产品生产周期。



1. 一种化学机械研磨模拟方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤S01:建立化学机械研磨模型,将其格式化为线宽对数-密度矩阵表格,并使各表格交点对应相应线宽、密度下的化学机械研磨结果;

步骤S02:对版图进行窗格划分,将每个窗格版图的等效线宽、密度转换为线宽对数-密度矩阵表格中的线宽对数-密度坐标;

步骤S03:根据每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中的坐标位置和与其相邻的表格交点对应的化学机械研磨结果,通过拟合计算出每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果;

步骤S04:考虑版图上周围窗格对当前窗格的影响,根据相关的权重因子,通过拟合计算出每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果;

步骤S05:输出整个版图的化学机械研磨模拟结果。

2. 根据权利要求1所述的化学机械研磨模拟方法,其特征在于,所述化学机械研磨模型的建立,包括以下步骤:

步骤S011:根据工艺平台下的设计规则,设计线宽对数-密度矩阵表格,包括线宽对数/密度的取值范围以及线宽对数/密度坐标序列的步径选取;

步骤S012:根据线宽对数-密度矩阵表格中表格交点对应的线宽和密度,设计一系列测试图形;

步骤S013:收集各测试图形的化学机械研磨结果数据,直接赋值给对应的各表格交点;

步骤S014:基于线性插值的数学方法,对所述线宽对数-密度矩阵表格中剩余的空白表格交点进行化学机械研磨结果计算并赋值;

步骤S015:将表格交点已全部赋值的线宽对数-密度矩阵表格保存,并将相应工艺平台下的化学机械研磨模型一一格式化为规范的线宽对数-密度矩阵表格,完成全部模型的建立。

3. 根据权利要求2所述的化学机械研磨模拟方法,其特征在于,步骤S011中,线宽对数L的取值范围由线宽LW取对数换算所得,其通过公式(1)进行换算:

$$L = \{\text{Log}A^{LW}\}_2 \quad (1)$$

式中,LW的单位为 μm ,其取值范围由所在技术节点的设计规则范围来规定,不同的工艺平台决定对数底数A的值, $\{\}_2$ 表示取小数点后两位有效数字;

密度的取值范围为0~1,线宽对数/密度坐标序列的步径选取由化学机械研磨模型的精度要求和建模效率决定。

4. 根据权利要求2所述的化学机械研磨模拟方法,其特征在于,步骤S012中,所述测试图形的设计个数不少于表格交点总数的1/2。

5. 根据权利要求2所述的化学机械研磨模拟方法,其特征在于,步骤S014中,对所述线宽对数-密度矩阵表格中剩余的空白表格交点进行化学机械研磨结果计算并赋值,包括以下步骤:

步骤S0141:检查线宽对数-密度矩阵表格,确定赋值为空的表格交点位置,针对位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$,若其周围8个表格交点 $G_{i-1,j-1}, G_{i,j-1}, G_{i+1,j-1}, G_{i+1,j}, G_{i+1,j+1}, G_{i,j+1}, G_{i-1,j+1}, G_{i-1,j}$ 中有至少四个已赋值,则通过公式(2)进行计算并赋值:

$$G_{i,j} = w_1 * (G_{i-1,j} + G_{i+1,j}) + w_2 * (G_{i,j-1} + G_{i,j+1}) + w_3 * (G_{i-1,j+1} + G_{i-1,j-1})$$

$$+G_{i+1,j-1}+G_{i+1,j+1}) \quad (2)$$

式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, 未被赋值的表格交点取值为零, $w_1 \sim w_3$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到;

步骤S0142: 循环执行步骤步骤S0141, 使线宽对数-密度矩阵表格中位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点全部被赋值;

步骤S0143: 再次检查线宽对数-密度矩阵表格, 针对位于表格任意边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$, 若沿其密度轴向或者线宽对数轴向连续存在至少4个已被赋值的表格交点, 则通过公式(3)或公式(4)之一进行计算并赋值:

$$G_{i,j} = u_1 * G_{i,j-1} + u_2 * G_{i,j-2} + u_3 * G_{i,j-3} + u_4 * G_{i,j-4} \quad (3)$$

$$G_{i,j} = v_1 * G_{i-1,j} + v_2 * G_{i-2,j} + v_3 * G_{i-3,j} + v_4 * G_{i-4,j} \quad (4)$$

式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, $G_{i,j-1}, G_{i,j-2}, G_{i,j-3}, G_{i,j-4}, G_{i-1,j}, G_{i-2,j}, G_{i-3,j}, G_{i-4,j}$ 代表已被赋值的表格交点, $u_1 \sim u_4, v_1 \sim v_4$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到。

6. 根据权利要求5所述的化学机械研磨模拟方法, 其特征在于, 步骤S0143中, 计算赋值时, 首先在密度轴向采用公式(3)循环执行该步骤, 使得沿密度变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点; 随后再在线宽对数轴向采用公式(4)循环执行该步骤, 使得沿线宽对数变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点。

7. 根据权利要求1所述的化学机械研磨模拟方法, 其特征在于, 每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果以每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中对应坐标位置 G 初步的化学机械研磨模拟结果表示, 并通过公式(5)进行计算:

$$G = \frac{1}{4} \left((1-n+m) * G_{i,j+1} + (m+n) * G_{i,j} + (1-m+n) * G_{i+1,j} + (2-m-n) * G_{i+1,j+1} \right) \quad (5)$$

式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, m, n 为窗格坐标位置落在表格单个格子中的相对位置, 取值大于0小于1, $G_{i,j+1}, G_{i,j}, G_{i+1,j}, G_{i+1,j+1}$ 代表与窗格坐标位置相邻的四个表格交点所对应的化学机械研磨结果。

8. 根据权利要求7所述的化学机械研磨模拟方法, 其特征在于, 每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果 G' 通过公式(6)进行计算:

$$G' = \frac{K_0 * G_0 + K_1 * G_1 + K_2 * G_2 + \dots + K_N * G_N}{\sum_{p=0}^N K_p} \quad (6)$$

式中, K_p 为权重因子, 取值大于0小于1, $G_0 \sim G_N$ 代表距离当前窗格0~N个窗格的周围窗格初步的化学机械研磨模拟结果平均值。

9. 根据权利要求8所述的化学机械研磨模拟方法, 其特征在于, 所述权重因子 K_p 为周围窗格与当前窗格位置距离相关的函数, 其中, 周围窗格与当前窗格的位置距离越远, K_p 取值就越小。

10. 根据权利要求1、2、5、7或8所述的化学机械研磨模拟方法, 其特征在于, 所述化学机械研磨结果包括介质厚度和/或介质相对高度。

一种化学机械研磨模拟方法

技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路制造中电子设计自动化技术领域,更具体地,涉及一种化学机械研磨的模拟方法。

背景技术

[0002] 在集成电路制造过程中,随着技术节点的提升和光刻分辨率的不断提高,光刻可解析的最小线宽在不断减小,光刻焦深也在快速地缩小,因而光刻工艺窗口也越来越小。

[0003] 与此同时,产品设计的层数却在不断增加。特别是对金属层,其表面的平整度影响到光刻中所要求的聚焦深度,以及互联结构的应力分布等。对于多层的电路,表面的不平整度严重影响了光刻的工艺窗口。

[0004] 为了保证光刻工艺窗口的有效性,产品表面必须到达一定的平整度。当前,在集成电路制造中,通常使用化学机械研磨(CMP)工艺来使产品的金属介质层表面形貌到达平坦化的目的。

[0005] 而在CMP过程中,由于研磨液的选择比,研磨盘压力,产品表面形貌等变化,使得CMP之后的芯片表面并不能达到完全的平坦化,而是存在拓扑起伏。通常,用于描述这种形貌的概念为介质碟形和介质侵蚀。介质碟形指的是在图形位置,一种介质与另外一种介质间的厚度之差;介质侵蚀指在有图形区域与无图形区域的厚度之差。

[0006] 介质的碟形与侵蚀是由CMP带来的伴随问题,过大的介质碟形和介质侵蚀同样会对光刻工艺窗口造成影响,且对单个曝光区域(shot)内的影响尤为明显。同时还会影响互连线的电阻电容等特性,从而影响互连线的延时,对芯片的良率和性能造成影响。

[0007] 因此,为了提高产品芯片良率,降低生产成本,需要提前对产品CMP之后的表面形貌进行预测。

[0008] 现有的化学机械研磨模拟流程,为基于生产工艺而建立的模型,并用该模型来对产品进行预测。在进行模拟时,需要先按生产步骤收集每个工艺步骤的数据,并调试出相应的工艺模型,然后提取产品版图几何特征,并根据版图几何特征计算出产品版图的最终预测结果。但该方法也同时存在以下缺点:

[0009] 1)步骤繁琐;

[0010] 2)数据收集量大;

[0011] 3)模型预测计算量大;

[0012] 4)产品预测周期长。

[0013] 上述缺点导致在模型预测时结果输出周期太长,从而不利于产品生产周期的缩短。

发明内容

[0014] 本发明的目的在于克服现有技术存在的上述缺陷,提供一种化学机械研磨模拟方法,以提升对化学机械研磨工艺的模拟速度,缩短产品生产周期。

[0015] 为实现上述目的,本发明的技术方案如下:

[0016] 一种化学机械研磨模拟方法,包括以下步骤:

[0017] 步骤S01:建立化学机械研磨模型,将其格式化为线宽对数-密度矩阵表格,并使各表格交点对应相应线宽、密度下的化学机械研磨结果;

[0018] 步骤S02:对版图进行窗格划分,将每个窗格版图的等效线宽、密度转换为线宽对数-密度矩阵表格中的线宽对数-密度坐标;

[0019] 步骤S03:根据每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中的坐标位置和与其相邻的表格交点所对应的化学机械研磨结果,通过拟合计算出每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果;

[0020] 步骤S04:考虑版图上周围窗格对当前窗格的影响,根据相关的权重因子,通过拟合计算出每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果;

[0021] 步骤S05:输出整个版图的化学机械研磨模拟结果。

[0022] 优选地,所述化学机械研磨模型的建立,包括以下步骤:

[0023] 步骤S011:根据工艺平台下的设计规则,设计线宽对数-密度矩阵表格,包括线宽对数/密度的取值范围以及线宽对数/密度坐标序列的步径选取;

[0024] 步骤S012:根据线宽对数-密度矩阵表格中表格交点对应的线宽和密度,设计一系列测试图形;

[0025] 步骤S013:收集各测试图形的化学机械研磨结果数据,直接赋值给对应的各表格交点;

[0026] 步骤S014:基于线性插值的数学方法,对所述线宽对数-密度矩阵表格中剩余的空白表格交点进行化学机械研磨结果计算并赋值;

[0027] 步骤S015:将表格交点已全部赋值的线宽对数-密度矩阵表格保存,并将相应工艺平台下的化学机械研磨模型一一格式化为规范的线宽对数-密度矩阵表格,完成全部模型的建立。

[0028] 优选地,步骤S011中,线宽对数L的取值范围由线宽LW取对数换算所得,其通过公式(1)进行换算:

$$[0029] \quad L = \{\text{Log}A^{LW}\}_2 \quad (1)$$

[0030] 式中,LW的单位为 μm ,其取值范围由所在技术节点的设计规则范围来规定,不同的工艺平台决定对数底数A的值, $\{\}_2$ 表示取小数点后两位有效数字;

[0031] 密度的取值范围为0~1,线宽对数/密度坐标序列的步径选取由化学机械研磨模型的精度要求和建模效率决定。

[0032] 优选地,步骤S012中,所述测试图形的设计个数不少于表格交点总数的1/2。

[0033] 优选地,步骤S014中,对所述线宽对数-密度矩阵表格中剩余的空白表格交点进行化学机械研磨结果计算并赋值,包括以下步骤:

[0034] 步骤S0141:检查线宽对数-密度矩阵表格,确定赋值为空的表格交点位置,针对位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$,若其周围8个表格交点 $G_{i-1,j-1}, G_{i,j-1}, G_{i+1,j-1}, G_{i+1,j}, G_{i+1,j+1}, G_{i,j+1}, G_{i-1,j+1}, G_{i-1,j}$ 中有至少四个已赋值,则通过公式(2)进行计算并赋值:

$$[0035] \quad G_{i,j} = w_1 * (G_{i-1,j} + G_{i+1,j}) + w_2 * (G_{i,j-1} + G_{i,j+1}) + w_3 * (G_{i-1,j+1} + G_{i-1,j-1} + G_{i+1,j-1} + G_{i+1,j+1}) \quad (2)$$

[0036] 式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, 未被赋值的表格交点取值为零, $w_1 \sim w_3$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到;

[0037] 步骤S0142: 循环执行步骤步骤S0141, 使线宽对数-密度矩阵表格中位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点全部被赋值;

[0038] 步骤S0143: 再次检查线宽对数-密度矩阵表格, 针对位于表格任意边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$, 若沿其密度轴向或者线宽对数轴向连续存在至少4个已被赋值的表格交点, 则通过公式(3)或公式(4)之一进行计算并赋值:

$$[0039] \quad G_{i,j} = u_1 * G_{i,j-1} + u_2 * G_{i,j-2} + u_3 * G_{i,j-3} + u_4 * G_{i,j-4} \quad (3)$$

$$[0040] \quad G_{i,j} = v_1 * G_{i-1,j} + v_2 * G_{i-2,j} + v_3 * G_{i-3,j} + v_4 * G_{i-4,j} \quad (4)$$

[0041] 式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, $G_{i,j-1}, G_{i,j-2}, G_{i,j-3}, G_{i,j-4}, G_{i-1,j}, G_{i-2,j}, G_{i-3,j}, G_{i-4,j}$ 代表已被赋值的表格交点, $u_1 \sim u_4, v_1 \sim v_4$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到。

[0042] 优选地, 步骤S0143中, 计算赋值时, 首先在密度轴向采用公式(3)循环执行该步骤, 使得沿密度变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点; 随后再在线宽对数轴向采用公式(4)循环执行该步骤, 使得沿线宽对数变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点。

[0043] 优选地, 每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果以每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中对应坐标位置 G 初步的化学机械研磨模拟结果表示, 并通过公式(5)进行计算:

$$[0044] \quad G = \frac{1}{4} \left((1-n+m) * G_{i,j+1} + (m+n) * G_{i,j} + (1-m+n) * G_{i+1,j} + (2-m-n) * G_{i+1,j+1} \right) \quad (5)$$

[0045] 式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, m, n 为窗格坐标位置落在表格单个格子中的相对位置, 取值大于0小于1, $G_{i,j+1}, G_{i,j}, G_{i+1,j}, G_{i+1,j+1}$ 代表与窗格坐标位置相邻的四个表格交点所对应的化学机械研磨结果。

[0046] 优选地, 每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果 G' 通过公式(6)进行计算:

$$[0047] \quad G' = \frac{K_0 * G_0 + K_1 * G_1 + K_2 * G_2 + \dots + K_N * G_N}{\sum_{p=0}^N K_p} \quad (6)$$

[0048] 式中, K_p 为权重因子, 取值大于0小于1, $G_0 \sim G_N$ 代表距离当前窗格0~N个窗格的周围窗格初步的化学机械研磨模拟结果平均值。

[0049] 优选地, 所述权重因子 K_p 为周围窗格与当前窗格位置距离相关的函数, 其中, 周围窗格与当前窗格的位置距离越远, K_p 取值就越小。

[0050] 优选地, 所述化学机械研磨结果包括介质厚度和/或介质相对高度。

[0051] 从上述技术方案可以看出, 本发明通过建立与化学机械研磨结果对应的线宽对数-密度矩阵表格形式的化学机械研磨模型, 将版图相关信息代入矩阵表格进行化学机械研磨模拟结果计算, 并考虑周围窗格对当前窗格的影响, 设定相关的权重因子, 对模拟结果进行修正, 从而可在保证产品模拟预测结果准确性的基础上, 大幅提升对化学机械研磨工艺的模拟速度, 及时检查出化学机械研磨工艺设计热点, 缩短产品生产周期。

附图说明

- [0052] 图1是本发明一种化学机械研磨模拟方法流程图；
- [0053] 图2是本发明一较佳实施例的一种线宽对数-密度矩阵表格示意图；
- [0054] 图3a-图3c是在线宽对数-密度矩阵表格中赋值为空的交点 $G_{i,j}$ 的三种属性表现形式示意图；
- [0055] 图4是某窗格在线宽对数-密度矩阵表格对应格点中的相对位置示意图；
- [0056] 图5是某窗格在线宽对数-密度矩阵表格中与其初步的化学机械研磨模拟结果对应的位置示意图；
- [0057] 图6是周围窗格与当前窗格的相互位置示意图。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图,对本发明的具体实施方式作进一步的详细说明。

[0059] 需要说明的是,在下述的具体实施方式中,在详述本发明的实施方式时,为了清楚地表示本发明的结构以便于说明,特对附图中的结构不依照一般比例绘图,并进行了局部放大、变形及简化处理,因此,应避免以此作为对本发明的限定来加以理解。

[0060] 在集成电路可制造性设计的流程中,化学机械研磨工艺的版图预测是一个非常重要的步骤,快速准确地找到版图中所存在的工艺设计热点,可以为产品的研发提供更多的支持,同时节省出更多的时间。

[0061] 为了使本发明达到上述目的,下面结合附图,对本发明的具体实施方式进行详细描述。

[0062] 在以下本发明的具体实施方式中,请参阅图1,图1是本发明一种化学机械研磨模拟方法流程图。如图1所示,本发明的一种化学机械研磨模拟方法,包括以下步骤:

[0063] 执行步骤S01:建立化学机械研磨模型,将其格式化为线宽对数-密度矩阵表格,并使各表格交点对应相应线宽、密度下的化学机械研磨结果。

[0064] 化学机械研磨模型的建立,可包括如下分步骤:

[0065] 步骤S011:根据工艺平台下的设计规则,设计线宽对数-密度矩阵表格,包括线宽对数/密度的取值范围以及线宽对数/密度坐标序列的步径选取。

[0066] 首先,可根据工艺平台下的设计规则,设计如图2所示的线宽对数-密度矩阵表格。表格中X方向(横坐标)的线宽对数L的取值是由线宽取对数换算所得,可通过公式(1)进行换算:

$$L = \{\text{Log}A^{LW}\}_2 \quad (1)$$

[0068] 式中,LW为线宽(等效线宽),单位为 μm ,LW的取值范围由该模型技术节点的设计规则范围来规定;线宽对数L坐标序列的步径选取综合考虑了模型的精度和建模效率要求,精度越高、建模效率越低,线宽对数L坐标序列的步径取值就可越小;本实施例中,线宽对数L的步径取值为0.2; $\{\}_2$ 表示取小数点后两位有效数字;不同工艺平台可有不同的A值,本实施例中,对数底数A取值为10。

[0069] Y方向(纵坐标)的密度(Dens)取值为0~1,密度坐标序列的步径选取也综合考虑了模型的精度和建模效率要求,精度越高、建模效率越低,密度坐标序列的步径取值就可越小;本实施例中,密度步径的取值为0.05。

[0070] 图中X轴与Y轴的某交点 $G_{x,y}$ 表示该线宽(对数)-密度条件下对应的化学机械研磨

结果(即坐标的值)。x值为对应的线宽对数坐标序列,y值为对应的密度坐标序列。所述化学机械研磨结果包括但不限于介质厚度、介质相对高度等数据。

[0071] 步骤S012:根据线宽对数-密度矩阵表格中表格交点对应的线宽和密度,设计一系列测试图形。

[0072] 接着,可根据线宽对数-密度矩阵表格中各交点 $G_{x,y}$ 对应的密度、线宽,设计一系列不同的测试图形。为增强模型精度,设计选取的测试图形个数应不少于表格中交点总数的1/2。

[0073] 步骤S013:收集各测试图形的化学机械研磨结果数据,直接赋值给对应的各表格交点。

[0074] 将这些测试图形应用于实际的化学机械研磨,并收集这些测试图形在化学机械研磨后的介质厚度,介质碟形,介质侵蚀等相关数据,然后一一对应入线宽对数-密度矩阵表格中,赋值给交点 $G_{x,y}$ 。

[0075] 本实施例中,收集了化学机械研磨后的铜厚度和氧化物的高度,即该矩阵表格中各测试图形的交点 $G_{x,y}$ 可以赋值为铜厚度和氧化物的高度。例如: $G_{x,y}\{\text{Cu_thk:}1000\text{\AA};\text{OX_hgt:}950\text{\AA}\}$ 。

[0076] 步骤S014:基于线性插值的数学方法,对所述线宽对数-密度矩阵表格中剩余的空白表格交点进行化学机械研磨结果计算并赋值。

[0077] 可包括以下步骤:

[0078] 步骤S0141:检查线宽对数-密度矩阵表格,确定赋值为空的表格交点的位置,并进一步利用线性插值的数学方法,对其计算赋值。

[0079] 图3a-图3c显示线宽对数-密度矩阵表格中赋值为空的交点 $G_{i,j}$ 的三种属性表现形式。

[0080] 例如,如图3a所示,针对位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$,其周围有8个表格交点:

[0081] $G_{i-1,j-1},G_{i,j-1},G_{i+1,j-1},G_{i+1,j},G_{i+1,j+1},G_{i,j+1},G_{i-1,j+1},G_{i-1,j}$

[0082] 若该8个周围交点中有至少四个已赋值,则可通过公式(2)进行计算并赋值:

[0083] $G_{i,j}=w_1*(G_{i-1,j}+G_{i+1,j})+w_2*(G_{i,j-1}+G_{i,j+1})+w_3*(G_{i-1,j+1}+G_{i-1,j-1}+G_{i+1,j-1}+G_{i+1,j+1})$ (2)

[0084] 公式中i,j为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号,未被赋值的表格交点取值为零, $w_1\sim w_3$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到。

[0085] 步骤S0142:循环执行步骤步骤S0141,使线宽对数-密度矩阵表格中位于表格任意非边缘位置且赋值为空的表格交点全部被赋值,即可使得矩阵表格中不再有符合条件的未赋值交点。

[0086] 步骤S0143:再次检查线宽对数-密度矩阵表格,针对位于表格任意边缘位置且赋值为空的表格交点 $G_{i,j}$,如图3b所示,若沿其Y轴(密度轴向)存在连续4个及以上已被赋值交点,可通过公式(3)计算赋值:

[0087] $G_{i,j}=u_1*G_{i,j-1}+u_2*G_{i,j-2}+u_3*G_{i,j-3}+u_4*G_{i,j-4}$ (3)

[0088] 或者,如图3c所示,若沿X轴(线宽对数轴向)也连续存在至少4个已被赋值的交点,则可通过公式(4)进行计算并赋值:

[0089] $G_{i,j} = v_1 * G_{i-1,j} + v_2 * G_{i-2,j} + v_3 * G_{i-3,j} + v_4 * G_{i-4,j}$ (4)

[0090] 公式(3)、(4)中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, $G_{i,j-1}, G_{i,j-2}, G_{i,j-3}, G_{i,j-4}, G_{i-1,j}, G_{i-2,j}, G_{i-3,j}, G_{i-4,j}$ 代表已被赋值的表格交点, $u_1 \sim u_4, v_1 \sim v_4$ 通过已收集的测试图形化学机械研磨结果数据拟合得到。

[0091] 计算赋值时,可首先在密度方向采用公式(3)循环执行该步骤,使得沿密度变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点。随后再在线宽对数方向采用公式(4)循环执行该步骤,使得沿线宽对数变化方向不再存在满足条件的未赋值表格交点。

[0092] 步骤S015:将表格交点已全部赋值的线宽对数-密度矩阵表格保存,并将相应工艺平台下的化学机械研磨模型一一格式化为规范的线宽对数-密度矩阵表格,完成全部模型的建立。该表格中各交点表明该线宽密度下对应的模型数据(化学机械研磨结果)。

[0093] 执行步骤S02:对版图进行窗格划分,将每个窗格版图的等效线宽、密度转换为线宽对数-密度矩阵表格中的线宽对数-密度坐标。

[0094] 划分窗格的方式包括但不限于为方形或圆形窗格,并可根据要求设计窗格的大小。

[0095] 所述窗格版图的等效线宽通过计算得到,将其等效于化学机械研磨模型中的产品线宽,并可根据公式(1),在线宽对数-密度矩阵表格中将等效线宽换算成线宽对数。根据线宽对数、密度值,即可确定该窗格在线宽对数-密度矩阵表格中的坐标位置G,如图5所示。

[0096] 执行步骤S03:根据每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中的坐标位置和与其相邻的表格交点所对应的化学机械研磨结果,通过拟合计算出每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果。

[0097] 根据计算窗格在模型规范化的线宽对数-密度矩阵表格所处位置和与其相邻交点的CMP后结果,应用模型规范化的线宽对数-密度矩阵表格计算。其中,每个窗格初步的化学机械研磨模拟结果以每个窗格在线宽对数-密度矩阵表格中对应坐标位置G初步的化学机械研磨模拟结果表示,并通过公式(5)进行计算:

$$G = \frac{1}{4} \left((1-u+m) * G_{i,j+1} + (m+n) * G_{i,j} + (1-m+n) * G_{i+1,j} + (2-m-n) * G_{i+1,j+1} \right) \quad (5)$$

[0099] 式中, i, j 为线宽对数-密度矩阵表格中线宽对数/密度所对应的坐标轴序列号, m, n 为窗格坐标位置落在表格单个格子中的相对位置,取值大于0小于1, $G_{i,j+1}, G_{i,j}, G_{i+1,j}, G_{i+1,j+1}$ 代表与窗格坐标位置相邻的四个表格交点所对应的化学机械研磨结果。

[0100] 如图4所示,首先计算出窗格坐标位置G点在表格所处格点中的相对位置 m, n 。其中, m 为所要计算的位置G与交点 $G_{i+1,j}$ 之间的线宽对数之差与线宽对数-密度矩阵表格中所处格点线宽对数步径的比值, n 为所要计算的位置G与焦点 $G_{i,j+1}$ 之间的密度之差与所处格点密度步径的比值。 m, n 的值大于0小于1。在本实施例中,若版图的某窗格等效线宽为 $0.07\mu\text{m}$,密度为0.76,则该窗格初步的模拟结果可等效为图5的线宽对数-密度矩阵表格中G点位置的模型数据,其 m 值为 $3/4$, n 值为 $4/5$ 。将 m, n 的值以及各交点的化学机械研磨模拟结果代入公式(5),可得到窗格坐标位置G点初步的化学机械研磨模拟结果,即由G点所对应的窗格初步的化学机械研磨模拟结果。

[0101] 执行步骤S04:考虑版图上周围窗格对当前窗格的影响,根据相关的权重因子,通

过拟合计算出每个窗格最终的化学机械研磨模拟结果。

[0102] 可根据化学机械研磨的平坦化长程效应,确定影响当前窗格的距离为S,也即距离N个窗格的距离。则当前窗格最终的化学机械研磨模拟结果可通过公式(6)进行计算:

$$[0103] \quad G^* = \frac{K_0 \cdot G_0 + K_1 \cdot G_1 + K_2 \cdot G_2 + \dots + K_N \cdot G_N}{\sum_{p=0}^N K_p} \quad (6)$$

[0104] 式中, K_p 为权重因子,为周围窗格与当前窗格位置距离相关的函数; K_p 取值大于0小于1,周围窗格与当前窗格的位置距离越远, K_p 取值就越小; $G_0 \sim G_N$ 代表距离当前窗格0~N个窗格的周围窗格初步的化学机械研磨模拟结果平均值。也就是 $G_0, G_1, G_2, \dots, G_N$ 分别为距离当前窗格0个窗格,1个窗格,2个窗格,……,N个窗格的各周围窗格通过由公式(5)计算得到的初步模拟计算的CMP后结果的平均值,如图6所示。

[0105] 执行步骤S05:输出整个版图的化学机械研磨模拟结果。

[0106] 最后,输出整个产品设计版图的CMP模拟结果,得到版图CMP的表面形貌。其中,整个产品设计版图的化学机械研磨模拟结果输出形式可以采用按窗格位置排布输出的产品设计版图的化学机械研磨后整面表面形貌的预测效果图形式,也可以采用逐个窗格版图的化学机械研磨后表面形貌的预测效果图形式(即单点结果预测图)。

[0107] 综上所述,本发明通过建立与化学机械研磨结果对应的线宽对数-密度矩阵表格形式的化学机械研磨模型,将版图信息代入矩阵表格进行化学机械研磨模拟结果计算,并考虑周围窗格对当前窗格的影响,设定相关的权重因子,对模拟结果进行修正,从而可在保证产品模拟预测结果准确性的基础上,大幅提升对化学机械研磨工艺的模拟速度,及时检查出化学机械研磨工艺设计热点,缩短产品生产周期。

[0108] 以上所述的仅为本发明的优选实施例,所述实施例并非用以限制本发明的专利保护范围,因此凡是运用本发明的说明书及附图内容所作的等同结构变化,同理均应包含在本发明的保护范围内。

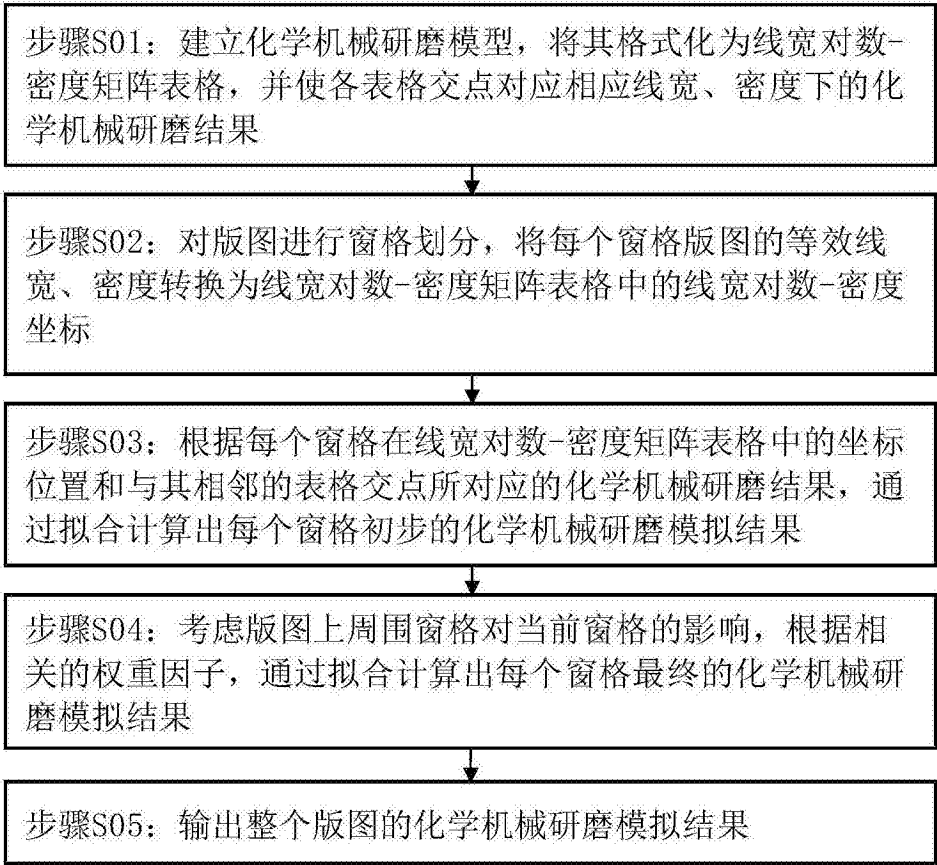


图1

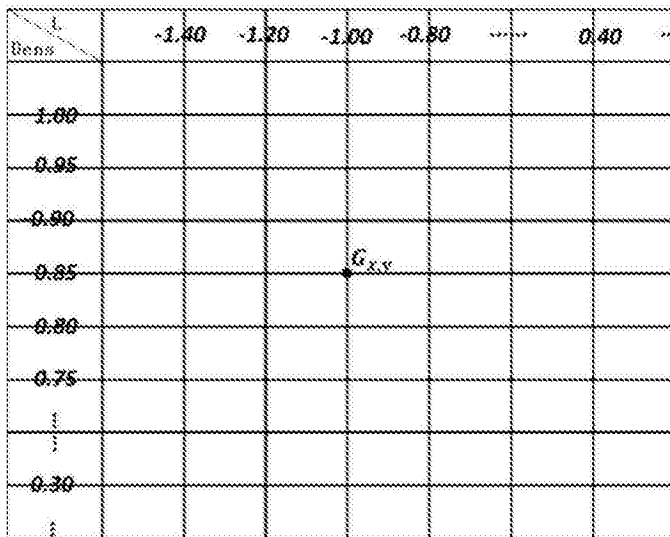


图2

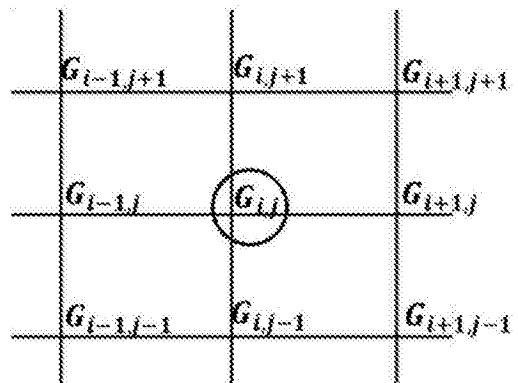


图3a

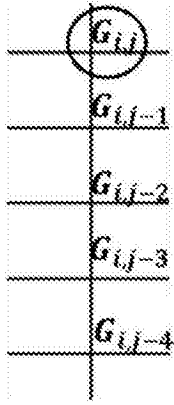


图3b

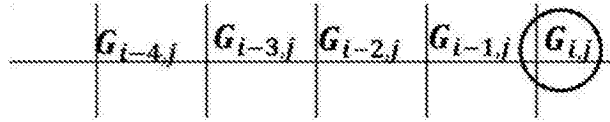


图3c

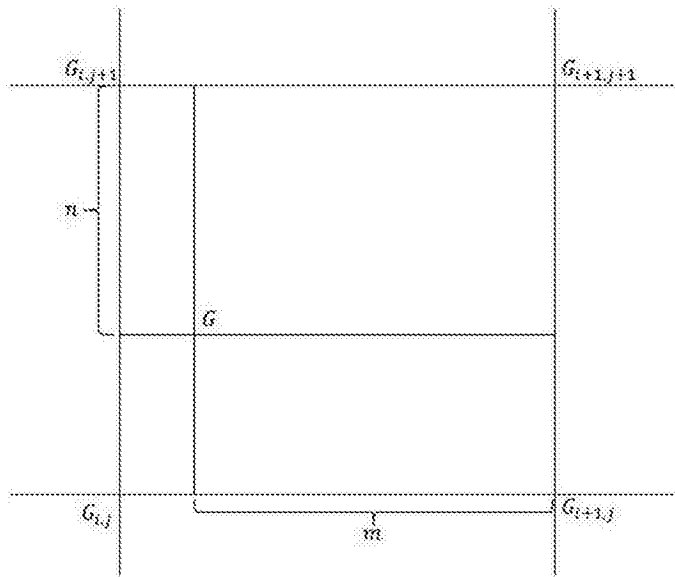


图4

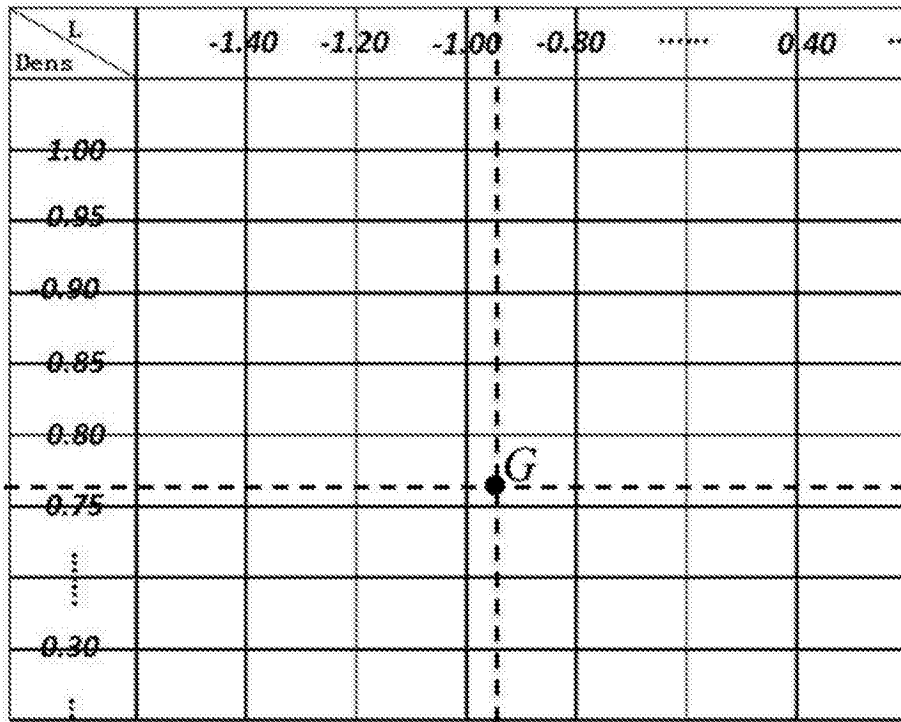


图5

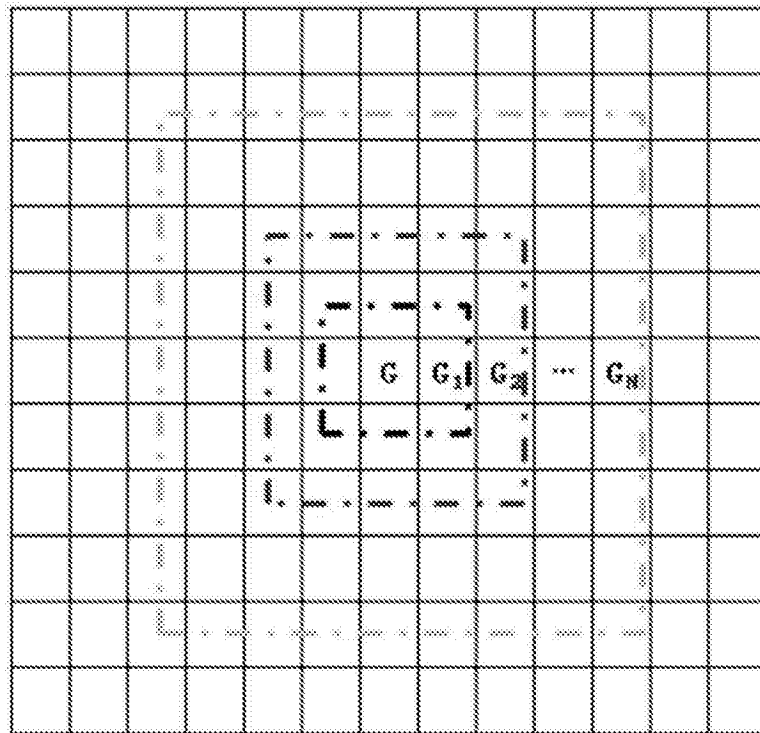


图6