

用于寄生电容提取的随机行走方法、装置和电子装置

相关申请

本申请要求 2022 年 5 月 25 日申请的，申请号为 202210574732.6，名称为“用于寄生电容提取的随机行走方法、装置和电子装置”的中国专利申请的优先权，在此将其全文引入作为参考。

技术领域

本申请涉及集成电路技术领域，特别是涉及一种用于寄生电容提取的随机行走方法、装置和电子装置。

背景技术

在集成电路的版图验证中，一个重要的环节是对于导体的寄生电容的提取。随着工业界对计算精度的要求越来越高，寄生电容的提取往往要依赖于三维场求解器进行精确求解，在三维场求解器中，随机行走算法是一种比较流行的方法。

随机行走算法不同于常规的有限差分、有限元等方法，它无需求解线性方程组，其主要步骤是从包围导体的高斯面上随机选取采样点，以此点为中心构造一个最大的不与任何导体相交的立方体（即最大转移立方体），下一次取点则随机落在此立方体的表面。重复此过程，直到随机点的位置到达某一个导体的表面或者版图的边界面，完成一次随机行走过程（即完成了一次电容的采样）。

在计算目标导体与其他导体之间的耦合电容时，有时需要进行至少数十万次的随机行走过程，而每次随机行走过程都需要从集成电路版图上的所有导体中搜索与当前随机点距离最近的导体，并计算当前随机点与最近导体之间的距离，并将当前随机点与最近导体之间的距离作为构造最大转移立方体的条件之一。然而，在随机行走过程的次数要求较大时，由于每次随机行走过程都需要从集成电路版图上的所有导体中搜索与当前随机点距离最近的导体，这会耗费大量的时间，导致随机行走算法的计算效率下降。

目前针对在提取目标导体的寄生电容时，随机行走算法的计算效率低的问题，尚未提出有效的解决方案。

发明内容

根据本申请的各种实施例，提供了一种用于寄生电容提取的随机行走方法、装置和电子装置。

第一方面，本申请提供了一种用于寄生电容提取的随机行走方法，所述方法包括：将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体；根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，所述第一区域包含所述集成电路版

图内的所有导体，所述第二区域为所述第一区域与所述边界面之间的区域，所述第二区域不包含任何导体；执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第二区域时，以所述第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点；在所述第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在一实施例中，在执行随机行走过程之后，所述方法还包括：在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第一区域时，确定与所述第一跳转点距离最近的邻近导体；根据所述第一跳转点与所述邻近导体之间的距离，以所述第一跳转点为中心构造不包含任何导体的第二最大转移立方体，并在所述第二最大转移立方体上随机选取第三跳转点；在所述第三跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在一实施例中，在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，所述方法还包括：在所述第二跳转点处于所述第一区域且处于任一导体的内部时，确定包含所述第二跳转点的导体为与所述第二跳转点距离最近的邻近导体；将所述邻近导体的内部作为不包含任何导体的空心区域，以所述第二跳转点为中心在所述邻近导体的内部构造不包含任何导体的第三最大转移立方体，并在所述第三最大转移立方体上随机选取第四跳转点；在所述第四跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在一实施例中，在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，所述方法还包括：在所述第二跳转点处于所述第一区域但不处于任一导体的内部时，确定与所述第二跳转点距离最近的邻近导体，根据所述第二跳转点与所述邻近导体之间的距离，以所述第二跳转点为中心构造不包含任何导体的第四最大转移立方体，并在所述第四最大转移立方体上随机选取第五跳转点；在所述第五跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在一实施例中，根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域包括：确定所述边界导体所对应的高斯面中与所述集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面；根据所述最近表面，确定包含所述集成电路版图内的所有导体的第一区域；将所述第一区域与所述集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

在一实施例中，根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域包括：确定所述边界导体所对应的高斯面中与所述集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面，并获取最近表面的位置坐标；根据所述最近表面的位置坐标，确定包含所述集成电路版图内的所有导体的第一区域；将所述第一区域与所述集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

在一实施例中，在执行随机行走过程之后，所述方法还包括：在所述目标导体为边界导体，且所述目标导体所对应的起始点处于所述第二区域时，确定与所述起始点距离最近的邻近导体；根据所述起始点与所述邻近导体之间的距离，以所述起始点为中心构造不包含任何导体的第五最大转移立方体，并在所述第五最大转移立方体上随机选取第一跳转点。

在一实施例中，所述方法还包括：在所述目标导体所对应的随机行走步数达到预设阈值时，根据每次随机行走所对应的采样值，计算所述目标导体的寄生电容值。

第二方面，本申请实施例提供了一种用于寄生电容提取的随机行走装置，所述装置包括：预处理模块，用于将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体；确定模块，用于根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，所述第一区域包含所述集成电路版图内的所有导体，所述第二区域为所述第一区域与所述边界面之间的区域，所述第二区域不包含任何导体；跳转模块，用于执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第二区域时，以所述第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点；输出模块，用于在所述第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

第三方面，本申请实施例还提供了一种电子装置，包括存储器和处理器，所述存储器中存储有计算机程序，所述处理器运行所述计算机程序以执行如上述第一方面所述的用于寄生电容提取的随机行走方法。

第四方面，本申请实施例还提供了一种存储介质，所述存储介质中存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被处理器执行时实现如上述第一方面所述的用于寄生电容提取的随机行走方法。

本申请的一个或多个实施例的细节在以下附图和描述中提出，以使本申请的其他特征、目的和优点更加简明易懂。

本申请的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出。本申请的其它特征、目的和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

为了更好地描述和说明这里公开的那些发明的实施例和/或示例，可以参考一幅或多幅附图。用于描述附图的附加细节或示例不应当被认为是对所公开的发明、目前描述的实施例和/或示例以及目前理解的这些发明的最佳模式中的任何一者的范围的限制。

图1是根据一个或多个实施例的用于寄生电容提取的随机行走方法的流程图。

图2是根据一个或多个实施例的在二维场景下的随机行走过程示意图。

图3是根据一个或多个实施例的在二维场景下的随机行走过程示意图。

图4是根据一个或多个实施例的在二维场景下的随机行走过程示意图。

图5是根据一个或多个实施例的用于寄生电容提取的随机行走装置的结构框图。

图6是根据一个或多个实施例的电子装置的结构示意图。

具体实施方式

下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实

施例，都属于本申请保护的范围。

本实施例提供了一种用于寄生电容提取的随机行走方法，图1是根据本申请实施例的用于寄生电容提取的随机行走方法的流程图，如图1所示，该方法包括：

步骤S101，将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体。

在本实施例中，集成电路版图可以存在六个边界面，每个边界面对应一个边界导体，即每个边界面都对应一个距离最近的导体。

步骤S102，根据边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，第一区域包含集成电路版图内的所有导体，第二区域为第一区域与边界面之间的区域，第二区域不包含任何导体。

在本实施例中，根据边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域通过如下步骤实现：

步骤1，确定边界导体所对应的高斯面中与集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面。

步骤2，根据最近表面，确定包含集成电路版图内的所有导体的第一区域。

步骤3，将第一区域与集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

在本实施例中，可以根据六个边界导体的高斯面，确定每个边界导体的高斯面与集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面。所有最近表面包围形成的内部空间为第一区域，所有最近表面包围形成的内部空间包含集成电路版图中的所有导体。具体的，获取每个高斯面所对应的一个最近表面的位置坐标，统一计算得到六个高斯面距离集成电路版图的六个边界面最近的六个坐标，根据最近表面的位置坐标确定第一区域。即第一区域对应的六个坐标分别是 $(x1, y1, z1, x2, y2, z2)$ 。其中，坐标集 $(x1, y1, z1, x2, y2, z2)$ 构成的长方体区域内包含了集成电路版图内的所有导体，为第一区域；坐标集 $(x1, y1, z1, x2, y2, z2)$ 构成的长方体区域外至集成电路版图的边界面之间的区域为第二区域，不包含任何导体。

在上述实施例中，第一区域和第二区域的边界由边界导体的高斯面决定，而不是由边界导体自身的表面决定。

在上述实施例中，导体对应的高斯面是围绕该导体的一个闭合的包络面，高斯面内部包含且仅包含该导体，且高斯面不与该导体相交，也不与该导体的任何表面接触；高斯面可以通过将该导体的表面向外平移扩展得到。

步骤S103，执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于第二区域时，以第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点。

在本实施例中，由于目标导体所对应的第一跳转点处于第二区域，因此，可以不对与第一跳转点距离最近的邻近导体进行搜索，省去了对邻近导体的搜索时间。

在本实施例中，在目标导体的高斯面上随机选取起始点开始随机跳转，第一跳转点为执行随机行走过程时，发生任一次跳转时的当前坐标点，且第一跳转点未处于任一导体的表面或者任一边界面上。

在上述实施例中，由于没有对与第一跳转点距离最近的邻近导体进行搜索，因此，以第一跳转点为中心构造的第一最大转移立方体的大小和集成电路版图的边界面决定，与其他导体无关，在第一最大转移立方体上随机选取的第二跳转点有较大概率直接落在集成电路版图边界面上，减少了随机行走中跳转的总步数，进一步提高了随机行走算法的计算效率。

需要说明的是，在本申请中，第一最大转移立方体不与任一边界面发生相交是指第一最大转移立方体的边界与集成电路版图的边界面重合或相隔一定距离，但不与集成电路版图的边界面发生交叉。

步骤 S104，在第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走过程已完成。

图 2 是在二维场景下第一实施例所对应的随机行走过程示意图，如图 2 所示，构造对应边界导体 21 对应的高斯面 22，其高斯面 22 上与集成电路版图的边界面 23 距离最近的坐标所在的面即为第一区域的边界，由图 2 中的黑色虚线所示，其中，黑色虚线与集成电路版图的边界面 23 之间的区域即为第二区域。

如图 2 所示，对于某一目标导体 20 为边界导体 21 时，从高斯面 22 上某点 P1 出发，在相关技术中，每一次跳转进行最大转移立方体的构造时都需要搜索与当前跳转点距离最近的邻近导体，并以跳转点与最近的邻近导体的距离为依据构造与当前跳转点对应的最大转移立方体，并在跳转至下一跳转点后以相同的原理再次跳转，直至跳转至任一导体的表面或者任一边界面，图 2 中一共需要经过 P1、P2、P3、P4 才能达到集成电路版图的边界面 23，即经过 P1、P2、P3、P4 三次跳转才完成一次随机行走的过程。

通过本实施例提供的用于寄生电容提取的随机行走方法，从 P1 跳转到 P2 时，由于第一跳转点 P2 处于第二区域，因此无需搜索与第一跳转点 P2 距离最近的邻近导体，第一跳转点 P2 所对应的第一最大转移立方体 24 由集成电路版图的边界面 23 决定，以第一跳转点 P2 为中心构造不与任一边界面 23 发生相交的第一最大转移立方体 24，则从第一最大转移立方体 24 上随机选取的第二跳转点 P5 直接落在了集成电路版图的边界面 23 上，完成一次随机行走过程。

在上述实施例中，通过本实施例提供的用于寄生电容提取的随机行走方法，通过对集成电路版图所有导体的位置进行分析，构造并划分出不包含任何导体的第二区域。对位于第二区域内的跳转点，不搜索邻近导体，从而减少了两次搜索与当前跳转点距离最近的邻近导体的时间；在实际应用中，当跳转点落在第二区域时，其下一次跳转至集成电路版图的边界面 23 的几率也会增加，因此，可以减少随机行走中跳转的步数，进一步提高随机行走算法的计算效率。

通过上述步骤 S101 至步骤 S104，将多个导体中与集成电路版图的每个边界面 23 距离最近的导体作为边界导体 21；根据边界导体 21 所对应的高斯面 22，确定第一区域和第二区域，其中，第一区域包含集成电路版图内的所有导体，第二区域为第一区域与边界面 23 之间的区域，第二区域不包含任何导体；执行随机行走过程，在目标导体 20 所对应的第一跳转点处于第二区域时，以第一跳转点为中心构造不与任一边界面 23 发生相交的第一

最大转移立方体 24，并在第一最大转移立方体 24 上随机选取第二跳转点；在第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，确定当前随机行走已完成。通过本申请，解决了相关技术中在提取目标导体 20 的寄生电容时，随机行走算法的计算效率低的问题，实现了提高随机行走算法的计算效率的技术效果。

在其中一些实施例中，在执行随机行走过程时，该方法还实施如下步骤：

步骤 1，在目标导体所对应的第一跳转点处于第一区域时，确定与第一跳转点距离最近的邻近导体。

步骤 2，根据第一跳转点与距离最近的邻近导体之间的距离，以第一跳转点为中心构造不包含任何导体的第二最大转移立方体 25，并在第二最大转移立方体 25 上随机选取第三跳转点。

步骤 3，在第三跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，确定当前随机行走已完成。

在本实施例中，在实际应用中也存在目标导体所对应的第一跳转点处于第一区域的情况，此时可以按照相关技术中的方法，先搜索与第一跳转点最近的邻近导体，然后根据第一跳转点与邻近导体之间的距离，以第一跳转点为中心构造不包含任何导体的第二最大转移立方体 25，并在第二最大转移立方体 25 上随机选取第三跳转点，进而通过判断第三跳转点是否处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走是否已完成。

当在第三跳转点未处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，继续搜索与第三跳转点最近的邻近导体，重复上述步骤 1-步骤 3 执行随机行走过程，直至当前跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，确定当前随机行走已完成。

在其中一些实施例中，在第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，该方法还包括如下步骤：

步骤 1，在第二跳转点处于第一区域且处于任一导体的内部时，确定包含第二跳转点的导体为与第二跳转点距离最近的邻近导体。

步骤 2，将邻近导体的内部作为不包含任何导体的空心区域，以第二跳转点为中心在邻近导体的内部构造不包含任何导体的第三最大转移立方体，并在第三最大转移立方体上随机选取第四跳转点。

步骤 3，在第四跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，确定当前随机行走已完成。

图 3 是在二维场景下第二实施例所对应的随机行走过程示意图，如图 3 所示，构造对应边界导体 21 对应的高斯面 22，其高斯面 22 上与集成电路版图的边界面 23 距离最近的坐标所在的面即为第一区域的边界，由图 3 中的黑色虚线所示，其中，黑色虚线与集成电路版图的边界面 23 之间的区域即为第二区域。

对于某一目标导体 20，按照相关技术中的方法，在目标导体 20 的高斯面上随机选取起始点 M1 开始随机跳转，搜索与当前跳转点最近的邻近导体，然后根据当前跳转点与邻近导体之间的距离，以当前跳转点为中心构造不包含任何导体的最大转移立方体，在最大转移立方体上随机选取下一跳转点，重复以上步骤执行随机跳转 M1-M5，直至跳转至第一

跳转点 M5，第一跳转点 M5 处于第二区域。

如图 3 所示，在相关技术中，第一跳转点 M5 需要搜索与 M5 距离最近的邻近导体，并以第一跳转点 M5 到 M5 最近的邻近导体的距离为依据构造最大转移立方体，并在最大转移立方体上选取 M6，M6 也重复上述的搜索步骤和构造步骤，即进行了两次对邻近导体的搜索步骤，得到 M7，M7 落在导体上，完成一次随机行走。

在本实施例中，由于第一跳转点 M5 处于第二区域，其无需搜索与第一跳转点 M5 距离最近的邻近导体，第一跳转点 M5 所对应的最大转移立方体由集成电路版图的边界面 23 决定，以第一跳转点 M5 为中心构造不与任一边界面 23 发生相交的第一最大转移立方体 24，从第一最大转移立方体 24 上随机选取的第二跳转点 M8 处于第一区域，且处于导体的内部，此时可以确定包含第二跳转点 M8 的导体为与第二跳转点 M8 距离最近的邻近导体（在实际应用中发现，第二跳转点 M8 的邻近导体一般就是包含该第二跳转点 M8 的导体），即进行了一次对邻近导体的搜索步骤。

此时，可以将第二跳转点 M8 的邻近导体的内部作为不包含任何导体的空心区域，以第二跳转点 M8 为中心在邻近导体的内部构造不包含任何导体的第三最大转移立方体 26，并在第三最大转移立方体 26 上随机选取第四跳转点 M9，由于第四跳转点 M9 处于第二跳转点 M8 的邻近导体的表面，可以确定当前随机行走已完成。

比较可以发现，相比于相关技术，本实施例提供的用于寄生电容提取的随机行走方法减少了一次搜索邻近导体所需的时间，可以提高在对目标导体 20 的寄生电容提取时，随机行走算法的计算效率。

在其中一些实施例中，在第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，该方法还实施如下步骤：

步骤 1，在第二跳转点处于第一区域但不处于任一导体的内部时，确定与第二跳转点距离最近的邻近导体，根据第二跳转点与邻近导体之间的距离，以第二跳转点为中心构造不包含任何导体的第四最大转移立方体，并在第四最大转移立方体上随机选取第五跳转点。

步骤 2，在第五跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面 23 时，确定当前随机行走已完成。

图 4 是在二维场景下第三实施例所对应的随机行走过程示意图，如图 4 所示，构造对应边界导体 21 的高斯面 22，其高斯面 22 与集成电路版图的边界面 23 距离最近的坐标即为第一区域的边界，由图 4 中的黑色虚线所示，其中，黑色虚线与集成电路版图的边界面 23 之间的区域即为第二区域。

对于某一目标导体 20，按照相关技术中的方法，在目标导体 20 的高斯面上随机选取起始点 N1 开始随机跳转，搜索与当前跳转点最近的邻近导体，然后根据当前跳转点与邻近导体之间的距离，以当前跳转点为中心构造不包含任何导体的最大转移立方体，在最大转移立方体上随机选取下一跳转点，重复以上步骤执行随机跳转 N1-N5，直至跳转至第一跳转点 N5，第一跳转点 N5 处于第二区域。

如图 4 所示，在相关技术中，第一跳转点 N5 需要搜索与 N5 距离最近的邻近导体，并以此为依据构造第二最大转移立方体 25，并在最大转移立方体上选取 N6，N6 也重复上述

的搜索步骤和构造步骤，即进行了两次对邻近导体的搜索步骤，得到 N7，N7 落在导体上，完成一次随机行走。

在本实施例中，由于第一跳转点 N5 处于第二区域，其无需搜索与第一跳转点 N5 距离最近的邻近导体，第一跳转点 N5 所对应的最大转移立方体由集成电路版图的边界面 23 决定，以第一跳转点 N5 为中心构造不与任一边界面 23 发生相交的第一最大转移立方体 24，从第一最大转移立方体 24 上随机选取的第二跳转点 N8 处于第一区域，但不处于任一导体的内部，此时，可以按照相关技术中的邻近导体的搜索步骤和最大转移立方体的构造步骤，即进行了一次对邻近导体的搜索步骤，构造对应第二跳转点 N8 的不包含任何导体的第四最大转移立方体 27。

在该第四最大转移立方体 27 上随机选取第五跳转点 N9，由于第五跳转点 N9 处于导体的表面，因此，可以确定当前随机行走已完成。

比较可以发现，相比于相关技术，本实施例提供的用于寄生电容提取的随机行走方法减少了一次搜索邻近导体所需的时间，可以提高在对目标导体 20 的寄生电容提取时，随机行走算法的计算效率。

在其中一些实施例中，在执行随机行走过程之后，该方法还实施如下步骤：

步骤 1，在目标导体为边界导体 21，且目标导体所对应的起始点处于第二区域时，确定与起始点距离最近的邻近导体。

步骤 2，根据起始点与邻近导体之间的距离，以起始点为中心构造不包含任何导体的第五最大转移立方体，并在第五最大转移立方体上随机选取第一跳转点。

在本实施例中，若要提取寄生电容的目标导体即为边界导体 21，且目标导体所对应的起始点处于第二区域的边界时，则需要按照相关技术中的邻近导体的搜索步骤，确定与起始点距离最近的邻近导体，然后按照相关技术中的最大转移立方体的构造步骤，根据起始点与邻近导体之间的距离，以起始点为中心构造不包含任何导体的第五最大转移立方体，并在第五最大转移立方体上随机选取第一跳转点。

在其中一些实施例中，该方法还包括：在目标导体所对应的随机行走步数达到预设阈值时，根据每次随机行走所对应的采样值，计算目标导体的寄生电容值。

在本实施例中，预设阈值可以根据对计算精度的实际需要，由用户自行进行配置，在目标导体所对应的随机行走步数达到预设阈值时，还可以进行误差统计和收敛判断，并在随机行走所对应的采样值已收敛时，根据每次随机行走所对应的采样值，计算目标导体的寄生电容值，从而保证对目标导体的寄生电容的提取精度。

本实施例提供了一种用于寄生电容提取的随机行走装置 100，图 5 是根据本申请实施例的用于寄生电容提取的随机行走装置 100 的结构框图，如图 5 所示，该装置包括：预处理模块 502，用于将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体；确定模块 504，用于根据边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，第一区域包含集成电路版图内的所有导体，第二区域为第一区域与边界面之间的区域，第二区域不包含任何导体；跳转模块 506，用于执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于第二区域时，以第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大

转移立方体，并在第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点；输出模块 508，用于在第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走过程已完成。

在其中一些实施例中，跳转模块 506 还被配置为用于在目标导体所对应的第一跳转点处于第一区域时，确定与第一跳转点距离最近的邻近导体；根据第一跳转点与邻近导体之间的距离，以第一跳转点为中心构造不包含任何导体的第二最大转移立方体，并在第二最大转移立方体上随机选取第三跳转点；输出模块 508 还被配置为用于在第三跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在其中一些实施例中，跳转模块 506 还被配置为用于在第二跳转点处于第一区域且处于任一导体的内部时，确定包含第二跳转点的导体为与第二跳转点距离最近的邻近导体；将邻近导体的内部作为不包含任何导体的空心区域，以第二跳转点为中心在邻近导体的内部构造不包含任何导体的第三最大转移立方体，并在第三最大转移立方体上随机选取第四跳转点；输出模块 508 还被配置为用于在第四跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在其中一些实施例中，跳转模块 506 还被配置为用于在第二跳转点处于第一区域但不处于任一导体的内部时，确定与第二跳转点距离最近的邻近导体，根据第二跳转点与邻近导体之间的距离，以第二跳转点为中心构造不包含任何导体的第四最大转移立方体，并在第四最大转移立方体上随机选取第五跳转点；输出模块 508 还被配置为用于在第五跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

在其中一些实施例中，确定模块 504 还被配置为用于确定边界导体所对应的高斯面中与集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面，并获取最近表面的位置坐标；根据最近表面的位置坐标，确定包含集成电路版图内的所有导体的第一区域；将第一区域与集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

在其中一些实施例中，跳转模块 506 还被配置为用于在目标导体为边界导体，且目标导体所对应的起始点处于第二区域时，确定与起始点距离最近的邻近导体；根据起始点与邻近导体之间的距离，以起始点为中心构造不包含任何导体的第五最大转移立方体，并在第五最大转移立方体上随机选取第一跳转点。

在其中一些实施例中，输出模块 508 还被配置为用于在目标导体所对应的随机行走步数达到预设阈值时，根据每次随机行走所对应的采样值，计算目标导体的寄生电容值。

需要说明的是，本实施例中的具体示例可以参考上述实施例及可选实施方式中所描述的示例，本实施例在此不再赘述。

本实施例还提供了一种电子装置 200，图 6 是根据本申请实施例的电子装置 200 的硬件结构示意图，如图 6 所示，该电子装置 200 包括存储器 604 和处理器 602，该存储器 604 中存储有计算机程序，该处理器 602 被设置为运行计算机程序以执行上述任一项方法实施例中的步骤。

具体地，上述处理器 602 可以包括中央处理器（CPU），或者特定集成电路（Application Specific Integrated Circuit，简称为 ASIC），或者可以被配置成实施本申请实施例的一个或多个集成电路。

其中，存储器 604 可以包括用于数据或指令的大容量存储器。举例来说而非限制，存储器 604 可包括硬盘驱动器（Hard Disk Drive，简称为 HDD）、软盘驱动器、固态驱动器（Solid State Drive，简称为 SSD）、闪存、光盘、磁光盘、磁带或通用串行总线（Universal Serial Bus，简称为 USB）驱动器或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，存储器 604 可包括可移除或不可移除（或固定）的介质。在合适的情况下，存储器 604 可在故障图像生成装置的内部或外部。在特定实施例中，存储器 604 是非易失性（Non-Volatile）存储器。在特定实施例中，存储器 604 包括只读存储器（Read-Only Memory，简称为 ROM）和随机存取存储器（Random Access Memory，简称为 RAM）。在合适的情况下，该 ROM 可以是掩模编程的 ROM、可编程 ROM（Programmable Read-Only Memory，简称为 PROM）、可擦除 PROM（Erasable Programmable Read-Only Memory，简称为 EPROM）、电可擦除 PROM（Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory，简称为 EEPROM）、电可改写 ROM（Electrically Alterable Read-Only Memory，简称为 EAROM）或闪存（FLASH）或者两个或更多个以上这些的组合。在合适的情况下，该 RAM 可以是静态随机存取存储器（Static Random-Access Memory，简称为 SRAM）或动态随机存取存储器（Dynamic Random Access Memory，简称为 DRAM），其中，DRAM 可以是快速页模式动态随机存取存储器（Fast Page Mode Dynamic Random Access Memory，简称为 FPMDRAM）、扩展数据输出动态随机存取存储器（Extended Data Out Dynamic Random Access Memory，简称为 EDODRAM）、同步动态随机存取内存（Synchronous Dynamic Random-Access Memory，简称 SDRAM）等。

存储器 604 可以用来存储或者缓存需要处理和/或通信使用的各种数据文件，以及处理器 602 所执行的可能的计算机程序指令。

处理器 602 通过读取并执行存储器 604 中存储的计算机程序指令，以实现上述实施例中的任意一种用于寄生电容提取的随机行走方法。

可选地，上述电子装置 200 还可以包括传输设备 606 以及输入输出设备 608，其中，该传输设备 606 和上述处理器 602 连接，该输入输出设备 608 和上述处理器 602 连接。

可选地，在本实施例中，上述处理器 602 可以被设置为通过计算机程序执行以下步骤：
S101，将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体。

S102，根据边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，第一区域包含集成电路版图内的所有导体，第二区域为第一区域与边界面之间的区域，第二区域不包含任何导体。

S103，执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于第二区域时，以第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点。

S104，在第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

需要说明的是，本实施例中的具体示例可以参考上述实施例及可选实施方式中所描述的示例，本实施例在此不再赘述。

另外，结合上述实施例中的用于寄生电容提取的随机行走方法，本申请实施例可提供一种存储介质来实现。该存储介质上存储有计算机程序；该计算机程序被处理器执行时实现上述实施例中的任意一种用于寄生电容提取的随机行走方法。

本领域的技术人员应该明白，以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对申请专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求

1. 一种用于寄生电容提取的随机行走方法，其特征在于，所述方法包括：

将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体；

根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，所述第一区域包含所述集成电路版图内的所有导体，所述第二区域为所述第一区域与所述边界面之间的区域，所述第二区域不包含任何导体；

执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第二区域时，以所述第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点；

在所述第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

2. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，在执行随机行走过程之后，所述方法还包括：

在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第一区域时，确定与所述第一跳转点距离最近的邻近导体；

根据所述第一跳转点与所述邻近导体之间的距离，以所述第一跳转点为中心构造不包含任何导体的第二最大转移立方体，并在所述第二最大转移立方体上随机选取第三跳转点；

在所述第三跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

3. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，所述方法还包括：

在所述第二跳转点处于所述第一区域且处于任一导体的内部时，确定包含所述第二跳转点的导体为与所述第二跳转点距离最近的邻近导体；

将所述邻近导体的内部作为不包含任何导体的空心区域，以所述第二跳转点为中心在所述邻近导体的内部构造不包含任何导体的第三最大转移立方体，并在所述第三最大转移立方体上随机选取第四跳转点；

在所述第四跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

4. 根据权利要求3所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点之后，所述方法还包括：

在所述第二跳转点处于所述第一区域但不处于任一导体的内部时，确定与所述第二跳转点距离最近的邻近导体，根据所述第二跳转点与所述邻近导体之间的距离，以所述第二跳转点为中心构造不包含任何导体的第四最大转移立方体，并在所述第四最大转移立方体上随机选取第五跳转点；

在所述第五跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

5. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域包括：

确定所述边界导体所对应的高斯面中与所述集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面；

根据所述最近表面，确定包含所述集成电路版图内的所有导体的第一区域；

将所述第一区域与所述集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

6. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域包括：

确定所述边界导体所对应的高斯面中与所述集成电路版图的任一边界面距离最近的最近表面，并获取最近表面的位置坐标；

根据所述最近表面的位置坐标，确定包含所述集成电路版图内的所有导体的第一区域；

将所述第一区域与所述集成电路的边界面之间的区域作为第二区域。

7. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，在执行随机行走过程之后，所述方法还包括：

在所述目标导体为边界导体，且所述目标导体所对应的起始点处于所述第二区域时，确定与所述起始点距离最近的邻近导体；

根据所述起始点与所述邻近导体之间的距离，以所述起始点为中心构造不包含任何导体的第五最大转移立方体，并在所述第五最大转移立方体上随机选取第一跳转点。

8. 根据权利要求1所述的用于寄生电容提取的随机行走方法，其中，所述方法还包括：

在所述目标导体所对应的随机行走步数达到预设阈值时，根据每次随机行走所对应的采样值，计算所述目标导体的寄生电容值。

9. 一种用于寄生电容提取的随机行走装置，其特征在于，所述装置包括：

预处理模块，用于将多个导体中与集成电路版图的每个边界面距离最近的导体作为边界导体；

确定模块，用于根据所述边界导体所对应的高斯面，确定第一区域和第二区域，其中，所述第一区域包含所述集成电路版图内的所有导体，所述第二区域为所述第一区域与所述边界面之间的区域，所述第二区域不包含任何导体；

跳转模块，用于执行随机行走过程，在目标导体所对应的第一跳转点处于所述第二区域时，以所述第一跳转点为中心构造不与任一边界面发生相交的第一最大转移立方体，并在所述第一最大转移立方体上随机选取第二跳转点；

输出模块，用于在所述第二跳转点处于任一导体的表面或者任一边界面时，确定当前随机行走已完成。

10. 一种电子装置，包括存储器和处理器，其特征在于，所述存储器中存储有计算机程序，所述处理器运行所述计算机程序以执行权利要求1至8中任一项所述的用于寄生电容提取的随机行走方法。

11. 一种存储介质，其特征在于，所述存储介质中存储有计算机程序，其中，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至8中任一项所述的用于寄生电容提取的随机行走方法。