(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2023 年 7 月 13 日 (13.07.2023)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2023/130552 A1

(51) 国际专利分类号:
G06F 30/20 (2020.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2022/078551

(22) 国际申请日: 2022 年 3 月 1 日 (01.03.2022)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202210014158.9 2022年1月6日 (06.01.2022) CN

(71) 申请人: 长鑫存储技术有限公司 (CHANGXIN MEMORY TECHNOLOGIES, INC.) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号, Anhui 230000 (CN)。

(72) 发明人: 林仕杰 (LIN, Shih-Chieh); 中国安徽省合肥市经济技术开发区空港工业园兴业大道388号, Anhui 230000 (CN)。

(74) 代理人: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

(54) **Title:** DEVICE SIMULATION METHOD AND DEVICE

(54) **发明名称:** 器件仿真方法及设备

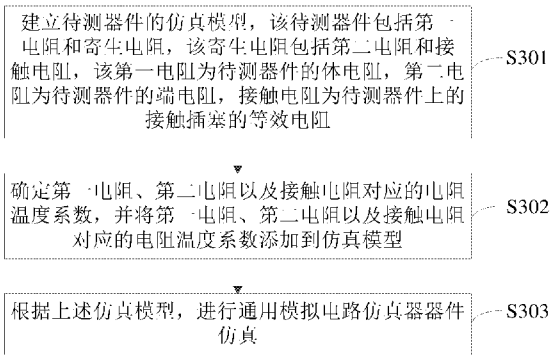

图 3

(57) **Abstract:** A device simulation method and device. The method comprises: establishing a simulation model of a device under test, the device under test comprising a first resistance and a parasitic resistance, the parasitic resistance having a second resistance and a contact resistance, wherein the first resistance is a bulk resistance of the device under test, the second resistance is an end resistance, and the contact resistance is an equivalent resistance of a contact plug on the device under test; determining resistance temperature coefficients of the first resistance, the second resistance, and the contact resistance, and adding the resistance temperature coefficients in the simulation model; and performing SPICE device simulation according to the simulation model.

(57) **摘要**: 器件仿真方法及设备，方法包括：建立待测器件的仿真模型，待测器件包括第一电阻和寄生电阻，寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，其中，第一电阻为待测器件的体电阻，第二电阻为端电阻，接触电阻为待测器件上的接触插塞的等效电阻；确定第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数，并添加到仿真模型；根据仿真模型，进行SPICE器件仿真。

WO 2023/130552 A1

[见续页]

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

器件仿真方法及设备

本申请要求于2022年01月06日提交中国专利局、申请号为202210014158.9、申请名称为“器件仿真方法及设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本公开实施例涉及半导体技术领域，尤其涉及一种器件仿真方法及设备。

背景技术

在半导体行业中，经常需要利用建模仿真技术对半导体集成电路中的元器件进行参数提取，模拟仿真出元器件的电学性能，为后续电路的仿真提供对应的工艺模型。例如电阻作为半导体集成电路中最基本的元器件之一，在建模仿真技术中，一般会在通用模拟电路仿真器（Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis，简称SPICE）中建立一个电阻仿真模型，用于模拟电阻在各种环境参数中的电学性能，包括阻值在温度、尺寸、操作电压下的变化。

其中，电阻一般采用两端结构，两端需要接触孔结构和金属引线相连以便于将电阻器有效连接在其它电路中。目前的电阻测试过程中，由于存在的接触孔结构和金属引线等会形成寄生电阻，且环境温度也会对电阻阻值产生影响，因此无法建立准确的仿真模型，影响后续电路的仿真精度。

发明内容

本公开实施例提供了一种器件仿真方法及设备，可以提升器件的仿真精度。

在一些实施例中，提供了一种器件仿真方法，包括：

建立待测器件的仿真模型，所述待测器件包括第一电阻和寄生电阻，所述寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，所述第一电阻为所述待测器件的体电阻，所述第二电阻为所述待测器件的端电阻，所述接触电阻为所述待测器件上的接触插塞的等效电阻；

确定所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数，并将所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数添加到所述仿真模型；

根据所述仿真模型，进行通用模拟电路仿真器器件仿真。

在一种可行的实施方式中，所述建立待测器件的仿真模型，包括：

确定多个采样温度T1、T2、……、Tn；

确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为所述待测器件在版图上的长度；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电

阻以及所述寄生电阻的阻值；

根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下所述接触电阻的阻值。

在一种可行的实施方式中，所述确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，包括：

在所述每个采样温度下，分别测量所述待测器件在对应相同宽度、不同的所述第一长度时的阻值，所述宽度为所述待测器件在版图上的宽度；

以所述第一长度为 X 轴，所述阻值为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的第一函数曲线。

在一种可行的实施方式中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值，包括：

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，其中，所述寄生电阻的阻值与所述第一长度不相关；

根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻。

在一种可行的实施方式中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻，包括：

根据在采样温度 Ti 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 L(Ti)的斜率 K(Ti)，计算在所述采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)：

$$Rs_pure(Ti)=K(Ti)*W$$

其中，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，包括：

根据在采样温度 Ti 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 L(Ti)的截距 B(Ti)，计算在所述采样温度 Ti 下所述寄生电阻的阻值 Rext(Ti)：

$$Rext(Ti)=B(Ti)/2$$

其中，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻，包括：

将在采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)确定为在采样温度下 Ti

下所述第二电阻的方块电阻 Rs_end(Ti)；

其中，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下，所述接触电阻的阻值，包括：

按照以下方式计算在采样温度下 Ti 下，所述接触电阻的阻值 Rlicon(Ti)：

$$Rlicon(Ti)=Rext(Ti)–Rs_end(Ti)*L_end/W$$

其中，Rext(Ti)表示在采样温度下 Ti 下所述寄生电阻的阻值，Rs_end(Ti)表示在采样温度下 Ti 下所述第二电阻的方块电阻，L_end 表示所述待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，当在所述待测器件的一个接触端上所述接触插塞的个数 N 大于或等于 2 时，在采样温度下 Ti 下单个所述接触插塞的阻值 Rlicon'(Ti)为：

$$Rlicon'(Ti)=Rlicon(Ti)*N$$

在一种可行的实施方式中，按照以下方式确定所述第一电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T1、T2、……、Tn 下，所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(T1)、Rs_pure(T2)、……、Rs_pure(Tn)，以采样温度 Ti 与基准采样温度 Tj 的差为 X 轴，以采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)与所述基准采样温度 Tj 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Tj)的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述第一电阻的电阻温度系数与环境温度的第二函数曲线,其中，Tj∈（T1、T2、……、Tn）；

根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，所述根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数，包括：

按照以下方式计算所述第一电阻对应的电阻温度系数 TC_Rpure(t)：

$$TC_Rpure(t)=K1*(t-Tj)+C1$$

其中，K1 为所述第二函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C1 表示所述第二函数曲线的截距。

在一种可行的实施方式中，所述第一电阻对应的电阻温度系数与所述第二电阻对应的电阻温度系数相同。

在一种可行的实施方式中，按照以下方式确定所述接触电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T1、T2、……、Tn 下，所述接触电阻的电阻 Rlicon(T1)、Rlicon(T2)、……、Rlicon(Tn)，以采样温度 Ti 与基准采样温度 Tj 的差为 X 轴，以所述采样温度 Ti 下所述接触电阻的电阻 Rlicon(Ti)与所述基准采样温度 Tj 下所述接触电阻的电阻 Rlicon(Tj)的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述接触电阻的电阻温度系数与环境温度的第三函数曲线,其中，Tj∈（T1、T2、……、Tn）；

根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，所述根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定

所述接触电阻对应的电阻温度系数，包括：

按照以下方式计算所述接触电阻对应的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)：

$$TC_Rlicon(t)=K2*(t-Tj)+C2$$

其中，K2 为所述第三函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C2 为所述第三函数曲线的截距。

在一些实施例中，提供了一种器件仿真装置，该装置包括：

处理模块，用于建立待测器件的仿真模型，所述待测器件包括第一电阻和寄生电阻，所述寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，所述第一电阻为所述待测器件的体电阻，所述第二电阻为所述待测器件的端电阻，所述接触电阻为所述待测器件上的接触插塞的等效电阻；

计算模块，用于确定所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数，并将所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数添加到所述仿真模型；

仿真模块，用于根据所述仿真模型，进行通用模拟电路仿真器器件仿真。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

确定多个采样温度 T1、T2、……、Tn；

确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为所述待测器件在版图上的长度；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值；

根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下所述接触电阻的阻值。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

在所述每个采样温度下，分别测量所述待测器件在对应相同宽度、不同的所述第一长度时的阻值，所述宽度为所述待测器件在版图上的宽度；

以所述第一长度为 X 轴，所述阻值为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的第一函数曲线。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，其中，所述寄生电阻的阻值与所述第一长度不相关；

根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

根据在采样温度 Ti 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中

对应的函数曲线 L(Ti)的斜率 K(Ti)，计算在所述采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)：

$$Rs_pure(Ti)=K(Ti)*W$$

其中，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

根据在采样温度 Ti 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 L(Ti)的截距 B(Ti)，计算在所述采样温度 Ti 下所述寄生电阻的阻值 Rext(Ti)：

$$Rext(Ti)=B(Ti)/2$$

其中，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

将在采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)确定为在采样温度下 Ti 下所述第二电阻的方块电阻 Rs_end(Ti)；

其中，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，所述处理模块具体用于：

按照以下方式计算在采样温度下 Ti 下，所述接触电阻的阻值 Rlicon(Ti)：

$$Rlicon(Ti)=Rext(Ti)–Rs_end(Ti)*L_end/W$$

其中，Rext(Ti)表示在采样温度下 Ti 下所述寄生电阻的阻值，Rs_end(Ti)表示在采样温度下 Ti 下所述第二电阻的方块电阻，L_end 表示所述待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，Ti∈（T1、T2、……、Tn）。

在一种可行的实施方式中，当在所述待测器件的一个接触端上所述接触插塞的个数 N 大于或等于 2 时，在采样温度下 Ti 下单个所述接触插塞的阻值 Rlicon’(Ti)为：

$$Rlicon'(Ti)=Rlicon(Ti)*N$$

在一种可行的实施方式中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式确定所述第一电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T1、T2、……、Tn 下，所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(T1)、Rs_pure(T2)、……、Rs_pure(Tn)，以采样温度 Ti 与基准采样温度 Tj 的差为 X 轴，以采样温度 Ti 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Ti)与所述基准采样温度 Tj 下所述第一电阻的方块电阻 Rs_pure(Tj)的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述第一电阻的电阻温度系数与环境温度的第二函数曲线,其中，Tj∈（T1、T2、……、Tn）；

根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式计算所述第一电阻对应的电阻温度系数 TC_Rpure(t)：

$$TC_Rpure(t)=K1*(t-Tj)+C1$$

其中，K1 为所述第二函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C1 表示所述第二函数曲线的截距。

在一种可行的实施方式中，所述第一电阻对应的电阻温度系数与所述第二电阻对

应的电阻温度系数相同。

在一种可行的实施方式中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式确定所述接触电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T1、T2、……、Tn 下，所述接触电阻的电阻 Rlicon(T1)、Rlicon(T2)、……、Rlicon(Tn)，以采样温度 Ti 与基准采样温度 Tj 的差为 X 轴，以所述采样温度 Ti 下所述接触电阻的电阻 Rlicon(Ti)与所述基准采样温度 Tj 下所述接触电阻的电阻 Rlicon(Tj)的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述接触电阻的电阻温度系数与环境温度的第三函数曲线,其中，Tj∈（T1、T2、……、Tn）；

根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式计算所述接触电阻对应的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)：

$$TC_Rlicon(t)=K2*(t-Tj)+C2$$

其中，K2 为所述第三函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C2 为所述第三函数曲线的截距。

在一些实施例中，提供了一种电子设备，包括：至少一个处理器和存储器；

所述存储器存储计算机执行指令；

所述至少一个处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令，使得所述至少一个处理器执行如上述实施例提供的器件仿真方法。

在一些实施例中，提供了一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，当处理器执行所述计算机执行指令时，实现如上述实施例提供的器件仿真方法。

本公开实施例所提供的器件仿真方法及设备，将待测器件的电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻，根据测试结果分析、计算得出上述体电阻、端电阻和接触电阻的阻值，并同时计算出上述体电阻、端电阻和接触电阻对应的电阻温度系数后，将计算结果添加到仿真模型，从而可以准确建立待测器件的仿真模型，有效提升待测器件的仿真精度。

附图说明

图 1 为本公开实施例中提供的一种待测器件的纵切面的示意图一；

图 2 为本公开实施例中提供的一种待测器件的版图示意图一；

图 3 为本公开实施例中提供的一种器件仿真方法的流程示意图；

图 4 为本公开实施例中提供的一种待测器件的纵切面的示意图二；

图 5 为本公开实施例中提供的一种待测器件的等效电阻示意图；

图 6 为本公开实施例中提供的一种待测器件的版图示意图二；

图 7 为本公开实施例中提供的一种器件仿真方法的子流程示意图；

图 8 为本公开实施例中待测器件的阻值与第一长度之间的函数曲线示意图；

图 9 为本公开实施例中在不同采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数曲线示意图；

图 10 为本公开实施例中提供的一种待测器件的接触端在版图上的长度示意图一；

图 11 为本公开实施例中提供的一种待测器件的接触端在版图上的长度示意图二；

图 12 为本公开实施例中第一电阻的电阻温度系数与环境温度之间的函数曲线示意图；

图 13 为本公开实施例中接触电阻的电阻温度系数与环境温度之间的函数曲线示意图；

图 14 为本公开实施例中提供的一种器件仿真装置的程序模块示意图；

图 15 为本公开实施例提供的一种电子设备的硬件结构示意图。

具体实施方式

为使本公开实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本公开实施例中的附图，对本公开实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本公开一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本公开中的实施例，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，都属于本公开保护的范围。此外，虽然本公开中公开内容按照示范性一个或几个实例来介绍，但应理解，可以就这些公开内容的每个方面也可以单独构成一个完整实施方式。

需要说明的是，本公开中对于术语的简要说明，仅是为了方便理解接下来描述的实施方式，而不是意图限定本公开的实施方式。除非另有说明，这些术语应当按照其普通和通常的含义理解。

本公开中说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似或同类的对象或实体，而不必然意味着限定特定的顺序或先后次序，除非另外注明。应该理解这样使用的用语在适当情况下可以互换，例如能够根据本公开实施例图示或描述中给出那些以外的顺序实施。

此外，术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形，意图在于覆盖但不排他的包含，例如，包含了一系列组件的产品或设备不必限于清楚地列出的那些组件，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些产品或设备固有的其它组件。

本公开中使用的术语“模块”，是指任何已知或后来开发的硬件、软件、固件、人工智能、模糊逻辑或硬件或/和软件代码的组合，能够执行与该元件相关的功能。

随着科技的发展，电路优化设计成为集成电路设计流程中的一个重要阶段。电路优化的目的就是提高电路的电学性能，而电路的最终实际电学性能不仅取决电路的器件参数值，还取决于器件本身的寄生效应、器件之间的寄生效应、连线本身的寄生效应、连线之间的寄生效应、以及连线和器件之间的寄生效应，而在其中相邻连线间的寄生效应尤为关键。从电路优化理论上来讲，为了得到准确的电路优化结果，需要精确考虑所设计的电路上的各个器件连线之间的寄生效应，包括各互连线之间的寄生电阻。

电阻器作为半导体集成电路中最基本的元器件之一，有很多种类，例如 N+硅化多晶硅电阻(N+ POLY silicide resistor)、P+硅化多晶硅电阻(P+ POLY silicide resistor)、N+硅化扩散电阻(N+ diffusion silicide resistor)、P+硅化扩散电阻(P+ diffusion silicide resistor)等硅化电阻，以及 N+非硅化多晶硅电阻(N+ POLY unsilicide resistor)、P+非硅

化多晶硅电阻(P+ POLY unsilicide resistor)、N+非硅化扩散电阻(N+ diffusion unsilicide resistor)、P+非硅化扩散电阻(P+ diffusion unsilicide resistor)等非硅化电阻，其中 N+/P+表示电阻的掺杂离子类型，如果为 N+型，其掺杂的离子类型为 N 型，比如磷原子、砷原子；如果为 P+型，其掺杂的离子类型为 P 型，比如硼原子、镓原子。

为了预测电阻器在其所处的环境中的性能和可靠性，需要对电阻器进行建模仿真，也就是对于电路模拟程序所支持的各种元器件，须有相应的电学模型来描述待测器件的电学性能。

在建模仿真技术中，在相应的软件程序中一般会基于半导体集成电路的测试数据对这些电阻单独提取数据，建立相应的一个电阻仿真模型，且这些仿真模型之间没有任何联系，输入相应的仿真模型的名称，即可用于后续模拟该种电阻在各种环境参数中的性能。

可选的，上述软件程序可以采用 SPICE（Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis，通用模拟电路仿真器），SPICE 是一种用于电路描述与仿真的语言与仿真器软件，可用于检测电路的连接和功能的完整性，以及用于预测电路的行为。其中，SPICE 模型中通常利用宏模型来对电阻进行拟合，利用宏模型可以自由加入自定义的参数来拟合电阻的各种特性。

在一些实施例中，电阻一般是两端结构，两端通过接触孔结构和金属引线相连以便于将电阻器有效连接在其它电路中。

为了更好的理解本公开实施例，本公开实施例中以 N+扩散电阻为例，参照图 1，图 1 为本公开实施例中提供的一种待测器件的纵切面的示意图一。在图 1 中，上述电阻器件结构包括：P 型衬底 100（P-substrate，简称 Psub）、P 阱结构 200（简称 PWell）、浅槽隔离结构 300（shallow trench isolation，简称 STI）、N+注入区、位于两端的若干个接触插塞 400 和金属引线 500。

其中，接触插塞 400 位于 N+注入区的上方，分别与 N+注入区形成欧姆接触。

在传统的电阻仿真技术中，无论是硅化电阻还是非硅化电阻，提取的仿真模型中一般主要包括体电阻（或称为纯电阻）。

在一些实施方式中，在将上述电阻作为待测器件时，在确定电阻的方块阻值 Rs_ndiff 时，通常采用以下方式来确定：

$$Rs_ndiff=R_total/(L/W)$$

其中，R_total 表示待测器件的阻值，L 表示待测器件在版图上的长度，W 表示待测器件在版图上的宽度。

为了更好的理解本实施例，本实施例中仍以 N+扩散电阻为例，参照图 2，图 2 为本公开实施例中提供的一种待测器件的版图示意图一。在图 2 中，L 表示待测器件在版图上的长度，W 表示待测器件在版图上的宽度，L 和 W 单位相同，一般为 um，400 为位于两端的接触栓塞。

然而，电路模拟的精度除了取决于器件模型外，还直接依赖于所给定的模型参数数值的精度是否可以正确反映元器件的电学特性，由于电阻结构中存在的接触栓塞、金属引线等会形成寄生电阻，且该寄生电阻在量测过程中是无法扣除的；另外，环境温度也会对电阻阻值产生影响。因此，如果在建立的仿真模型中未能准确加入寄生电

阻以及环境温度对电阻阻值产生的影响，则会降低仿真精度。

面对以上技术问题，本公开实施例中提供了一种器件仿真方法，将待测器件的电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻，根据测试结果分析、计算得出上述体电阻、端电阻和接触电阻的阻值，以及上述体电阻、端电阻和接触电阻对应的电阻温度系数，由此来建立待测器件的仿真模型，可以有效提升待测器件的仿真精度。具体实施方式可以参见以下实施例中的描述。

本公开实施例所提供的器件仿真方法可以应用于各种类型的仿真设备，如计算机、工业测试机台、移动终端等，本公开实施例不做限制。

参照图 3，图 3 为本公开实施例中提供的一种器件仿真方法的流程示意图，在本一种可行的实施方式中，该方法包括：

S301、建立待测器件的仿真模型，该待测器件包括第一电阻和寄生电阻，该寄生电阻包括第二电阻和接触电阻；其中，第一电阻为待测器件的体电阻，第二电阻为待测器件的端电阻，接触电阻为待测器件上的接触插塞的等效电阻。

在一些实施例中，上述待测器件可以为电阻。

可选的，上述电阻可以为 N+硅化多晶硅电阻、P+硅化多晶硅电阻、N+硅化扩散电阻、P+硅化扩散电阻等硅化电阻，也可以为 N+非硅化多晶硅电阻、P+非硅化多晶硅电阻、N+非硅化扩散电阻、P+非硅化扩散电阻等非硅化电阻。

另外，上述电阻还可以为热敏电阻、光敏电阻、压敏电阻等，本公开实施例中不做限制。

为了更好的理解本公开实施例，本公开实施例中以 N+扩散电阻为例，参照图 4，图 4 为本公开实施例中提供的一种待测器件的纵切面的示意图二。在图 4 中，上述待测器件包括：P 型衬底 100（P-substrate，简称 Psub）、P 阱结构 200（简称 PWell）、浅槽隔离结构 300（shallow trench isolation，简称 STI）、N+注入区、位于两端的若干个接触插塞 400 和金属引线 500。

其中，接触插塞 400 位于 N+注入区的上方，分别与 N+注入区形成欧姆接触。

本实施例中，上述电阻的两端由接触插塞和金属引线相连而形成的接触端部分，会分别产生固定的端电阻和接触电阻。

本实施例中，在建立电阻的仿真模型时，可以以电阻的工作原理为基础，从电阻的物理方程式出发，得到仿真模型及模型参数。

在一种可行的实施方式中，可以将上述待测器件的电阻分为第一电阻 Rpure（或称为体电阻）与寄生电阻，同时，将该寄生电阻拆分为第二电阻 Rend 和接触电阻 Rlicon。

其中，体电阻可以理解为电阻的两个接触端之间的直流电压与通过电流的比值，它的单位是欧姆(ohm)。

其中，第二电阻 Rend 为待测器件的端电阻，接触电阻 Rlicon 为待测器件上的接触插塞 400 的等效电阻。

可以理解的是，由于电阻一般是无源对称结构，所以两个第二电阻 Rend 的阻值相同，两个接触电阻 Rlicon 的阻值也相同。

为了更好的理解本实施例，参照图 5，图 5 为本公开实施例中提供的一种待测器件的等效电阻示意图。在图 5 中，上述待测器件的等效电阻包括第一电阻 Rpure 与寄

生电阻 Rext，即 Rtotal=Rpure+2*Rext。其中，寄生电阻 Rext 可以拆分为接触电阻 Rlicon 与第二电阻 Rend，即：

$$Rext=Rend+Rlicon=Rend+Rlicon'/N$$

其中，N 表示在待测器件的一个接触端上上述接触插塞的个数，N 为大于等于 1 的整数。如图 6 所示，图 6 为本公开实施例中提供的一种待测器件的版图示意图二。当待测器件一个接触端有两个接触栓塞时，等效为两个接触电阻并联，接触电阻变小，等效电阻等于 Rlicon'/N。

本实施例中，在确定出上述仿真模型后，利用预设的计算方式，分别计算出上述接触电阻 Rlicon、第二电阻 Rend 的阻值，并添加至上述待测器件的仿真模型。

S302、确定第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数，并将第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数添加到仿真模型。

其中，金属的阻值在常温附近的范围内与它的温度具有线性关系，因此可以用电阻温度系数来表征金属的阻值和它的温度之间的关系。

本实施例中，假设在当前待测环境温度下，确定出的第一电阻 Rpure 的电阻温度系数为 TC_Rpure，第二电阻 Rend 的电阻温度系数为 TC_Rend，接触电阻 Rlicon 对应的电阻温度系数为 TC_Rlicon，则上述待测器件的等效电阻 Rtotal 可以表示为：

$$Rtotal=Rpure*TC_Rpure+2*(Rend*TC_Rend+Rlicon*TC_Rlicon)$$

S303、根据上述仿真模型，进行 SPICE 器件仿真。

本公开实施例中，在建立待测器件的仿真模型，并确定出该仿真模型中的各项参数后，基于该仿真模型进行 SPICE 器件仿真，得到待测器件的仿真结果。

可选的，可以将计算出的上述第一电阻 Rpure、接触电阻 Rlicon、第二电阻 Rend 的阻值，以及上述第一电阻 Rpure、接触电阻 Rlicon、第二电阻 Rend 对应的电阻温度系数，加入 SPICE 模型中的子电路模型（sub circuit model）内进行仿真，当仿真不同尺寸的待测器件的阻值时，仿真模型通过计算 Rpure、Rend 和 Rlicon，得到对应尺寸下的待测器件的阻值，从而减小仿真结果的误差。

其中，SPICE 模型中通常利用宏模型来对电阻进行拟合，利用宏模型可以自由加入自定义的参数来拟合电阻的各种特性，例如电阻在不同温度、操作电压下的特性。

示例性的，可以对电路进行非线性直流分析、非线性瞬态分析和线性交流分析等，本公开实施例中对于仿真内容不做限制。

本公开实施例所提供的器件仿真方法，将待测器件的电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻，通过测试结果分析、计算得出上述体电阻、端电阻和接触电阻的阻值，以及上述体电阻、端电阻和接触电阻对应的电阻温度系数，可以准确建立待测器件的仿真模型，从而有效提升待测器件的仿真精度。

基于上述实施例中所描述的内容，参照图 7，图 7 为本公开实施例中提供的一种器件仿真方法的子流程示意图。在一些实施例中，在建立待测器件的仿真模型时，包括：

S701、确定多个采样温度 T_1、T_2、……、T_n。

本公开实施例中，可以在常用的测试温度范围内随机选择多个温度值作为采样温度。

示例性的，在一些实施例中，可以分别选择 25℃、50℃、98℃作为采样温度 T_1、T_2、T_3。

S702、确定在每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，其中，第一长度为待测器件在版图上的长度。

本公开实施例中，待测器件的阻值 Rtotal 为第一电阻 Rpure 的阻值与寄生电阻 Rext 的阻值之和，即：

$$Rtotal=Rpure+2Rext$$

其中，第一电阻 Rpure 的阻值可以通过以下方式来确定：

$$Rpure=Rs_pure*（L/W）$$

其中，Rs_pure 表示第一电阻 Rpure 的方块电阻；W 为待测器件在版图上的宽度，L 为待测器件在版图上的长度。

其中，方块电阻也可称为膜电阻，为正方形的半导体薄层在电流方向所呈现的电阻，单位为 ohm/square，简称为 ohm/sq。

在一种可行的实施方式中，待测器件的阻值 Rtotal 与第一长度 L 之间可以通过一个函数表达式来表示，即：

$$Rtotal=Rs_pure*（L/W）+2Rext$$

通过上述函数表达式可知，待测器件的阻值 Rtotal 与待测器件在版图上的宽度 W 和长度 L 相关，寄生电阻 Rext 的阻值与待测器件在版图上的宽度 W 和长度 L 不相关。

本公开实施例中，可以确定在采样温度 T_i 下，待测器件的阻值 $Rtotal(T_i)$与第一长度 L 之间的函数关系为：

$$Rtotal(T_i)=Rs_pure(T_i)*（L/W）+2Rext$$

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n），$Rs_pure(T_i)$表示在采样温度 T_i 下，第一电阻 Rpure 的方块电阻。

S703、根据在每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，确定在每个采样温度下，第一电阻的方块电阻、第二电阻的方块电阻以及寄生电阻的阻值。

在一种可行的实施方式中，可以在每个采样温度下，分别测量待测器件在对应相同宽度 W、不同的第一长度 L 时的阻值，然后根据多个测量结果，计算出在每个采样温度下，第一电阻的方块电阻与寄生电阻的阻值。

例如，在一种可行的实施方式中，可以先将测试环境温度调至采样温度 T_1，然后检测待测器件在对应相同宽度 W、不同的第一长度 L 时，待测器件的阻值，并根据多个测量结果，计算出在采样温度 T_1 下，第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_1)$与寄生电阻的阻值 $Rext(T_1)$；之后，将测试环境温度调至采样温度 T_2，然后检测待测器件在对应相同宽度 W、不同的第一长度 L 时，待测器件的阻值，并根据多个测量结果，计算出在采样温度 T_2 下，第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_2)$与寄生电阻的阻值 $Rext(T_2)$；……；依次类推，即可确定出每个采样温度下，第一电阻的方块电阻与寄生电阻。

由于待测器件的接触端与第一电阻 Rpure 的两端接触，在电流方向上所呈现的正方形的半导体薄层是同一个结构，因此，可以将第一电阻 Rpure 在采样温度 T_i 下的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$，确定为第二电阻 Rend 在采样温度 T_i 下的方块电阻 $Rs_end(T_i)$。

S704、根据在每个采样温度下，第二电阻的方块电阻和寄生电阻的阻值，确定接触电阻的阻值。

在一种可行的实施方式中，在确定出每个采样温度下，第二电阻 Rend 的方块电阻之后，可以根据每个采样温度下第二电阻的方块电阻，以及待测器件的接触端在版图上的长度、待测器件在版图上的宽度，计算出每个采样温度下第二电阻的阻值。

由于在本实施例中，将寄生电阻 Rext 拆分为了第二电阻 Rend 和接触电阻 Rlicon，因此在确定出寄生电阻 Rext 与第二电阻 Rend 在每个采样温度下的阻值之后，即可根据寄生电阻 Rext 与第二电阻 Rend 在每个采样温度下的阻值，计算出接触电阻 Rlicon 在每个采样温度下的阻值。

基于上述实施例中所描述的内容，在一些实施例中，在确定每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系时，先确定在采样温度 T_i 下，待测器件的阻值 Rtotal(T_i)与第一长度 L 之间的函数表达式为：

$$Rtotal(T_i)=Rs_pure(T_i)*（L/W）+2Rext$$

其中，Rs_pure(T_i)表示在采样温度 T_i 下第一电阻 Rpure 的方块电阻，W 为待测器件在版图上的宽度，Rext 表示寄生电阻。

通过上述函数表达式可知，相同温度下，待测器件的阻值 Rtotal 与待测器件在版图上的宽度 W 和长度 L 相关，寄生电阻 Rext 的阻值与待测器件在版图上的宽度 W 和长度 L 不相关。

在一种可行的实施方式中，可以在采样温度 T_i 下，分别测量待测器件在对应相同宽度 W、不同的长度 L_x 时的阻值 Rtotal（L_x），并以长度 L_x 为 X 轴，阻值 Rtotal（L_x）为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定出在采样温度 T_i 下，待测器件的阻值 Rtotal 与第一长度 L 在直角坐标系中对应的函数曲线。

其中，通过该函数曲线可以确定在采样温度 T_i 下，待测器件的阻值 Rtotal 与第一长度 L 之间的函数关系。

为了更好的理解本公开实施例，参照图 8，图 8 为本公开实施例中待测器件的阻值与第一长度之间的函数曲线示意图。

在一种可行的实施方式中，固定待测器件在版图上的宽度为 W_0 不变，设置待测器件在版图上的长度 L 为 L1、L2、L3、L4，其中，L1、L2、L3、L4 的值各不相同，且依次递增。

保持测试环境温度 T 为采样温度 T_1，分别测量待测器件在宽度为 W_0、长度为 L 为 L1、L2、L3、L4 时的阻值。在一些实施例中，假设待测器件在采用宽度 W_0、长度 L1 时测量的阻值为 Rtotal(L1)，在采用宽度 W_0、长度 L2 时测量的阻值为 Rtotal(L2)，在采用宽度 W_0、长度 L3 时测量的阻值为 Rtotal(L3)，在采用宽度 W_0、长度 L4 时测量的阻值为 Rtotal(L4)；则以第一长度 L 为 X 轴，阻值 Rtotal 为 Y 轴建立直角坐标系，并根据待测器件采用不同长度时测量的阻值在该直角坐标系中进行描点，并进行线性拟合，确定出待测器件的阻值 Rtotal 与第一长度 L 在上述直角坐标系中的函数曲线。

其中，将电阻的阻值 Rtotal 与第一长度 L 作为被观测的量，通过线性拟合来寻求参数 Rs_pure(T_1)/W 的最佳估计值，即寻求最佳的理论曲线 $Rtotal(T_1)=Rs_pure(T_1)*L/W+2Rext$。

如图8所示，通过线性拟合后，$Rtotal(T_1)=641.14*L+493.41$，由此可以得出：

$$Rs_pure(T_1)/W=641.14；2Rext=493.41$$

其中，上述线性拟合方法可以根据给定的离散数据点，建立数据关系(数学模型)，求出一系列微小的直线段把这些插值点连接成曲线，只要插值点的间隔选择得当，就可以形成一条光滑的函数曲线，该函数曲线可以用函数或参数方程来表示。

可选的，可以采用最小二乘法进行曲线拟合，也可以采用 matlab 软件进行曲线拟合，本公开实施例对具体的曲线拟合方式不做限定。

采用同样的方式，可以到的任意采样温度下，待测器件的阻值与第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线。

为了更好的理解本公开实施例，参照图 9，图 9 为本公开实施例中在不同采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数曲线示意图。

在一种可行的实施方式中，在确定出每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数曲线后，根据该函数关系，可以确定出每个采样温度下，第一电阻的方块电阻、第二电阻的方块电阻以及寄生电阻的阻值。

示例性的，可以先根据在采样温度 T_i 下，待测器件的阻值 $Rtotal(T_i)$与第一长度 L 之间的函数关系，确定出第一电阻 Rpure 的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$，以及寄生电阻的阻值 $Rext(T_i)$，之后根据第一电阻 Rpure 的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$确定出第二电阻的方块电阻 $Rs_end(T_i)$。

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

在一种可行的实施方式中，可以先确定出待测器件的阻值 $Rtotal(T_i)$与第一长度 L 之间的函数关系的斜率 $K(T_i)$与截距 $B(T_i)$，由于待测器件的阻值 $Rtotal(T_i)$与第一长度 L 之间的函数关系为：

$$Rtotal(T_i)=Rs_pure(T_i)*L/W+2Rext(T_i)$$

因此，可以得出：

$$K(T_i)=Rs_pure(T_i)/W$$

$$B(T_i)=2Rext(T_i)$$

通过进一步计算可得：

$$Rs_pure(T_i)=K(T_i)*W$$

$$Rext(T_i)=B(T_i)/2$$

其中，W 为待测器件在版图上的宽度。

示例性的，仍旧参照图 9，在采样温度 T_1 下，对多个 W=0.33um 的待测器件的量测阻值进行曲线拟合，确定出的待测器件的阻值 $Rtotal(T_1)$与第一长度 L 之间的函数曲线为：

$$Rtotal(T_1)=641.14*L+493.41$$

由此可以确定出上述函数曲线的斜率 $K(T_1)$等于 641.14，截距 $B(T_i)$等于 493.41。

通过进一步计算可得：

$$Rs_pure(T_1)=K(T_1)*W=641.14*0.33\approx211.6(ohm/sq)$$

$$Rext(T_1)=B(T_1)/2=493.41/2\approx246.7(ohm)$$

同理，根据在采样温度 T_2 下，根据 $Rtotal(T_2)=663.76*L+494.46$，可以确定出：

$$Rs_pure(T_2)=K(T_2)*W=663.76*0.33\approx219.0(ohm/sq)$$

$$Rext(T_2)=B(T_2)/2=494.46/2\approx247.2(ohm)$$

同理，根据在采样温度 T_3 下，根据 $Rtotal(T_3)=705.32*L+497.18$，可以确定出：

$$Rs_pure(T_3)=K(T_3)*W=705.32*0.33\approx232.8(ohm/sq)$$

$$Rext(T_3)=B(T_3)/2=497.18/2\approx248.6(ohm)$$

在一种可行的实施方式中，由于待测器件的接触端与第一电阻 Rpure 的两端接触，在电流方向上所呈现的正方形的半导体薄层是同一个结构，因此，可以将第一电阻 Rpure 在采样温度 T_i 下的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$确定为第二电阻 Rend 在采样温度 T_i 下的方块电阻 $Rs_end(T_i)$，即：

$$Rs_end(T_i)=Rs_pure(T_i)$$

在一种可行的实施方式中，在确定出第二电阻 Rend 在采样温度 T_i 下的方块电阻 $Rs_end(T_i)$之后，通过进一步计算可确定出第二电阻 Rend 在采样温度 T_i 下的阻值为：

$$Rend(T_i)=Rs_end(T_i)*L_end/W$$

其中，L_end 表示待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示待测器件在版图上的宽度。

在一种可行的实施方式中，待测器件的接触端在版图上的长度 L_end 与第二电阻均可以作为仿真参数，因此待测器件的接触端在版图上的长度 L_end 可以自定义选择，本公开实施例中不做限制。

在一种可行的实施方式中，上述待测器件的接触端在版图上的长度 L_end 也可以是待测器件的接触端的其中一个侧边与待测器件在版图上的其中一个侧边之间的长度。

为了更好的理解本实施例，本实施例中以 N+扩散电阻为例，参照图 10，图 10 为本公开实施例中提供的一种待测器件的接触端在版图上的长度示意图一。在图 10 中，待测器件的接触端内侧的一边与待测器件的在版图外侧上的其中一个边之间的长度，可以作为待测器件的接触端在版图上的长度 L_end。

在另一种可行的实施方式中，待测器件的接触端在版图上的长度 L_end 可以是待测器件的接触端的两个侧边之间的长度。

为了更好的理解本公开实施例，本公开实施例中仍以 N+扩散电阻为例，参照图 11，图 11 为本公开实施例中提供的一种待测器件的接触端在版图上的长度示意图二。在图 11 中，待测器件的接触端内侧的一边与待测器件的接触端外侧的一边之间的长度，可以作为待测器件的接触端在版图上的长度 L_end。

在一种可行的实施方式中，在确定出每个采样温度下，第二电阻 Rend 的电阻和寄生电阻 Rext 的阻值之后，即可根据每个采样温度下，第二电阻 Rend 的电阻和寄生电阻 Rext 的阻值计算出每个采样温度下，接触电阻 Rlicon 的阻值。

在一种可行的实施方式中，由于在采样温度 T_i 下，$Rext(T_i)= Rend(T_i)+Rlicon(T_i)$，因此可以计算出：

$$Rlicon(T_i)=Rext(T_i)-Rend(T_i)=Rext(T_i)-Rs_end(T_i)*L_end/W$$

其中，在待测器件的一个接触端上接触插塞的个数 N 大于或者等于 2 时，在采样温度 T_i 下，单个接触插塞的阻值为：

$$Rlicon'(T_i)=Rlicon(T_i)*N$$

本公开实施例中所提供的器件仿真方法，将待测器件的等效电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻；在建立待测器件的仿真模型时，根据待测器件的阻值与待测器件在版图上的长度之间的函数曲线，利用预设的算法，可以分别计算出端电阻和接触电阻的阻值，在进行仿真时，将端电阻和接触电阻的阻值加入 SPICE 模型中，可以减小仿真结果的误差，提升待测器件的仿真精度。

基于上述实施例中所描述的内容，在确定出每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，第一电阻 pure 的方块电阻 $Rs_pure(T_1)$、$Rs_pure(T_2)$、……、$Rs_pure(T_n)$后，可以以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以采样温度 T_i 下第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$与基准采样温度 T_j 下第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定出第一电阻 pure 的电阻温度系数 $TC_Rpure(T_i)$与采样温度 T_i 的函数曲线。

其中，T_i、T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）。

为了更好的理解本公开实施例，参照图 12，图 12 为本公开实施例中第一电阻的电阻温度系数与环境温度之间的函数曲线示意图。

假设 T_1=25℃、T_2=50℃、T_3=80℃、T_4=98℃；$Rs_pure(T_1)$=211.6、$Rs_pure(T_2)$=219.0、$Rs_pure(T_3)$=228.9、$Rs_pure(T_4)$=232.8；基准采样温度 $T_j=T_1$=25℃。

以 T_i-T_1 为 X 轴，以 $Rs_pure(T_i)/Rs_pure(T_1)$为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定出第一电阻 pure 的电阻温度系数 $TC_Rpure(T_i)$与采样温度 T_i 的函数曲线为：

$$TC_Rpure(T_i)=0.0014*(T_i-25)+1$$

在确定出第一电阻 pure 的电阻温度系数 $TC_Rpure(T_i)$与采样温度 T_i 的函数曲线之后，便可以确定出第一电阻 pure 的电阻温度系数 TC_Rpure(t)与待测环境温度 t 的函数曲线为：

$$TC_Rpure(t)=0.0014*(t-T_j)+1$$

由该函数曲线即可计算出任意环境温度下第一电阻 pure 的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，由于待测器件的接触端与第一电阻 Rpure 的两端接触，在电流方向上所呈现的正方形的半导体薄层是同一个结构，因此，可以将第一电阻 Rpure 在环境温度 t 下的电阻温度系数确定为第二电阻 Rend 在环境温度 t 下的电阻温度系数，即：

$$TC_Rend(t)=TC_Rpure(t)$$

基于上述实施例中所描述的内容，在确定出每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，接触电阻的电阻 $Rlicon(T_1)$、$Rlicon(T_2)$、……、$Rlicon(T_n)$后，可以以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以采样温度 T_i 下接触电阻的电阻 $Rlicon(T_i)$与基准采样温度 T_j 下接触电阻的电阻 $Rlicon(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定出接触电阻 Rlicon 的电阻温度系数 $TC_Rlicon(T_i)$与采样温度 T_i 的函数曲线。

其中，T_i、T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）。

为了更好的理解本公开实施例，参照图 13，图 13 为本公开实施例中接触电阻的电阻温度系数与环境温度之间的函数曲线示意图。

假设 T_1=25℃、T_2=50℃、T_3=80℃、T_4=98℃；$Rlicon(T_1)$=182.6、$Rlicon(T_2)$=180.9、$Rlicon(T_3)$=178.9、$Rlicon(T_4)$=178.1；基准采样温度 $T_j=T_1$=25℃。

以 T_i-T_1 为 X 轴，以 Rlicon(T_i)/Rlicon(T_1)为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定出接触电阻 Rlicon 的电阻温度系数 TC_Rlicon(T_i)与采样温度 T_i 的函数曲线为：

$$TC_Rlicon(T_i)=-0.0004*(T_i-25)+1$$

在确定出接触电阻 Rlicon 的电阻温度系数 TC_Rlicon(T_i)与采样温度 T_i 的函数曲线之后，便可以确定出接触电阻 Rlicon 的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)与待测环境温度 t 的函数曲线为：

$$TC_Rlicon(t)=-0.0004*(t-Tj)+1$$

由该函数曲线即可计算出任意环境温度下接触电阻 Rlicon 的电阻温度系数。

本公开实施例所提供的器件仿真装置，在建立待测器件的仿真模型时，将待测器件的电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻，根据测试结果分析、计算得出上述体电阻、端电阻和接触电阻的阻值，以及分别计算出上述体电阻、端电阻和接触电阻对应的电阻温度系数，由此可以准确建立待测器件的仿真模型，从而有效提升待测器件的仿真精度。

基于上述实施例中所描述的内容，本公开实施例中还提供一种器件仿真装置。参照图 14，图 14 为本公开实施例中提供的一种器件仿真装置的程序模块示意图，在一种可行的实施方式中，该器件仿真装置包括：

处理模块 1401，用于建立待测器件的仿真模型，该待测器件包括第一电阻和寄生电阻，该寄生电阻包括第二电阻和接触电阻；其中，第一电阻为待测器件的体电阻，第二电阻为待测器件的端电阻，接触电阻为待测器件上的接触插塞的等效电阻。

计算模块 1402，用于确定第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数，并将第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数添加到仿真模型。

仿真模块 1403，用于根据上述仿真模型，进行 SPICE 器件仿真。

本公开实施例所提供的器件仿真装置，建立待测器件的仿真模型时，将待测器件的电阻分为体电阻和寄生电阻，并将寄生电阻拆分为端电阻和接触电阻，根据测试结果分析、计算得出上述体电阻、端电阻和接触电阻的阻值，以及分别计算出上述体电阻、端电阻和接触电阻对应的电阻温度系数，由此可以准确建立待测器件的仿真模型，从而有效提升待测器件的仿真精度。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

确定多个采样温度 T_1、T_2、……、T_n；

确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为所述待测器件在版图上的长度；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值；

根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下所述接触电阻的阻值。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

在所述每个采样温度下，分别测量所述待测器件在对应相同宽度、不同的所述第一长度时的阻值，所述宽度为所述待测器件在版图上的宽度；

以所述第一长度为 X 轴，所述阻值为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的第一函数曲线。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，其中，所述寄生电阻的阻值与所述第一长度不相关；

根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的斜率 $K(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$：

$$Rs_pure(T_i)=K(T_i)*W$$

其中，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的截距 $B(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述寄生电阻的阻值 $Rext(T_i)$：

$$Rext(T_i)=B(T_i)/2$$

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

将在采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$确定为在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻 $Rs_end(T_i)$；

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

在一种可行的实施方式中，处理模块 1401 具体用于：

按照以下方式计算在采样温度下 T_i 下，所述接触电阻的阻值 $Rlicon(T_i)$：

$$Rlicon(T_i)=Rext(T_i)–Rs_end(T_i)*L_end/W$$

其中，$Rext(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述寄生电阻的阻值，$Rs_end(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻,L_end 表示所述待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

在一种可行的实施方式中，当在所述待测器件的一个接触端上所述接触插塞的个数 N 大于或等于 2 时，在采样温度下 T_i 下单个所述接触插塞的阻值 $Rlicon'(T_i)$为：

$$Rlicon'(T_i)=Rlicon(T_i)*N$$

在一种可行的实施方式中，计算模块 1402 具体用于：

按照以下方式确定所述第一电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_1)$、

$Rs_pure(T_2)$、……、$Rs_pure(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述第一电阻的电阻温度系数与环境温度的第二函数曲线,其中，$T_j \in$（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，计算模块 1402 具体用于：按照以下方式计算所述第一电阻对应的电阻温度系数 TC_Rpure(t)：

$$TC_Rpure(t)=K_1*(t-T_j)+C_1$$

其中，K_1 为所述第二函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_1 表示所述第二函数曲线的截距。

在一种可行的实施方式中，计算模块 1402 具体用于按照以下方式确定所述接触电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_1)$、$Rlicon(T_2)$、……、$Rlicon(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以所述采样温度 T_i 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述接触电阻的电阻温度系数与环境温度的第三函数曲线,其中，$T_j \in$（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数。

在一种可行的实施方式中，计算模块 1402 具体用于按照以下方式计算所述接触电阻对应的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)：

$$TC_Rlicon(t)=K_2*(t-T_j)+C_2$$

其中，K_2 为所述第三函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_2 为所述第三函数曲线的截距。

需要说明的是，上述实施例中描述的处理模块 1401、计算模块 1402、仿真模块 1403 具体执行的内容可以参阅上述实施例中描述的器件仿真方法中的每个步骤，此处不做赘述。

进一步的，基于上述实施例中所描述的内容，本公开实施例中还提供了一种电子设备，该电子设备包括至少一个处理器和存储器；其中，存储器存储计算机执行指令；上述至少一个处理器执行存储器存储的计算机执行指令，以实现如上述实施例中描述的器件仿真方法中的每个步骤，具体可以参照上述实施例中的描述，此处不再赘述。

为了更好的理解本公开实施例，参照图 15，图 15 为本公开实施例提供的一种电子设备的硬件结构示意图。

如图 15 所示，本实施例的电子设备 15 包括：处理器 1501 以及存储器 1502；其中：

存储器 1502，用于存储计算机执行指令；

处理器 1501，用于执行存储器存储的计算机执行指令，可以实现如上述实施例中描述的器件仿真方法中的每个步骤，具体可以参照上述实施例中的描述，此处不再赘

述。

可选地，存储器 1502 既可以是独立的，也可以跟处理器 1501 集成在一起。

当存储器 1502 独立设置时，该设备还包括总线 1503，用于连接所述存储器 1502 和处理器 1501。

进一步的，基于上述实施例中所描述的内容，本公开实施例中还提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有计算机执行指令，当处理器执行所述计算机执行指令时，可以实现如上述实施例中描述的器件仿真方法中的每个步骤，具体可以参照上述实施例中的描述，此处不再赘述。

进一步的，基于上述实施例中所描述的内容，本公开实施例中还提供了一种计算机程序产品，包括计算机程序，该计算机程序被处理器执行时，可以实现如上述实施例中描述的器件仿真方法中的每个步骤，具体可以参照上述实施例中的描述，此处不再赘述。

在本公开所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的设备和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的设备实施例仅仅是示意性的，例如，所述模块的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个模块可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或模块的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的模块可以是或者也可以不是物理上分开的，作为模块显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部模块来实现本实施例方案的目的。

另外，在本公开每个实施例中的各功能模块可以集成在一个处理单元中，也可以是每个模块单独物理存在，也可以两个或两个以上模块集成在一个单元中。上述模块集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

上述以软件功能模块的形式实现的集成的模块，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。上述软件功能模块存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备等）或处理器（英文：processor）执行本公开每个实施例所述方法的部分步骤。

应理解，上述处理器可以是中央处理单元（英文：Central Processing Unit，简称：CPU），还可以是其他通用处理器、数字信号处理器（英文：Digital Signal Processor，简称：DSP）、专用集成电路（英文：Application Specific Integrated Circuit，简称：ASIC）等。通用处理器可以是微处理器或者该处理器也可以是任何常规的处理器等。结合公开所公开的方法的步骤可以直接体现为硬件处理器执行完成，或者用处理器中的硬件及软件模块组合执行完成。

存储器可能包含高速 RAM 存储器，也可能还包括非易失性存储 NVM，例如至少一个磁盘存储器，还可以为 U 盘、移动硬盘、只读存储器、磁盘或光盘等。

总线可以是工业标准体系结构（Industry Standard Architecture，ISA）总线、外部设备互连（Peripheral Component，PCI）总线或扩展工业标准体系结构（Extended Industry

Standard Architecture，EISA）总线等。总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，本公开附图中的总线并不限定仅有一根总线或一种类型的总线。

上述存储介质可以是由任何类型的易失性或非易失性存储设备或者它们的组合实现，如静态随机存取存储器（SRAM），电可擦除可编程只读存储器（EEPROM），可擦除可编程只读存储器(EPROM)，可编程只读存储器(PROM)，只读存储器(ROM)，磁存储器，快闪存储器，磁盘或光盘。存储介质可以是通用或专用计算机能够存取的任何可用介质。

一种示例性的存储介质耦合至处理器，从而使处理器能够从该存储介质读取信息，且可向该存储介质写入信息。当然，存储介质也可以是处理器的组成部分。处理器和存储介质可以位于专用集成电路(Application Specific Integrated Circuits，简称：ASIC)中。当然，处理器和存储介质也可以作为分立组件存在于电子设备或主控设备中。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述各方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成。前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中。该程序在执行时，执行包括上述各方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：ROM、RAM、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本公开的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述各实施例对本公开进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本公开各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求 书

1、一种器件仿真方法，包括：

建立待测器件的仿真模型，所述待测器件包括第一电阻和寄生电阻，所述寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，所述第一电阻为所述待测器件的体电阻，所述第二电阻为所述待测器件的端电阻，所述接触电阻为所述待测器件上的接触插塞的等效电阻；

确定所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数，并将所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数添加到所述仿真模型；

根据所述仿真模型，进行通用模拟电路仿真器器件仿真。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述建立待测器件的仿真模型，包括：

确定多个采样温度 T_1、T_2、……、T_n；

确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为所述待测器件在版图上的长度；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值；

根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下所述接触电阻的阻值。

3、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，包括：

在所述每个采样温度下，分别测量所述待测器件在对应相同宽度、不同的所述第一长度时的阻值，所述宽度为所述待测器件在版图上的宽度；

以所述第一长度为 X 轴，所述阻值为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的第一函数曲线。

4、根据权利要求 3 所述的方法，其中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值，包括：

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，其中，所述寄生电阻的阻值与所述第一长度不相关；

根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻，包括：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的斜率 $K(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$：

$$Rs_pure(T_i)=K(T_i)*W$$

其中，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

6、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，包括：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的截距 $B(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述寄生电阻的阻值 $Rext(T_i)$：

$$Rext(T_i)=B(T_i)/2$$

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

7、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻，包括：

将在采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$确定为在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻 $Rs_end(T_i)$；

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

8、根据权利要求 2 所述的方法，其中，所述根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下，所述接触电阻的阻值，包括：

按照以下方式计算在采样温度下 T_i 下，所述接触电阻的阻值 $Rlicon(T_i)$：

$$Rlicon(T_i)=Rext(T_i)–Rs_end(T_i)*L_end/W$$

其中，$Rext(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述寄生电阻的阻值，$Rs_end(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻，L_end 表示所述待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其中，当在所述待测器件的一个接触端上所述接触插塞的个数 N 大于或等于 2 时，在采样温度下 T_i 下单个所述接触插塞的阻值 $Rlicon'(T_i)$为：

$$Rlicon'(T_i)=Rlicon(T_i)*N。$$

10、根据权利要求 8 所述的方法，其中，按照以下方式确定所述第一电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度T_1、T_2、……、T_n下，所述第一电阻的方块电阻$Rs_pure(T_1)$、$Rs_pure(T_2)$、……、$Rs_pure(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述第一电阻的电阻温度系数与环境温度的第二函数曲线,其中，T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其中，所述根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数，包括：

按照以下方式计算所述第一电阻对应的电阻温度系数 TC_Rpure(t)：

$$TC_Rpure(t)=K_1*(t-T_j)+C_1$$

其中，K_1 为所述第二函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_1 表示所述第二函数曲线的截距。

12、根据权利要求 11 所述的方法，其中，所述第一电阻对应的电阻温度系数与所述第二电阻对应的电阻温度系数相同。

13、根据权利要求 8 所述的方法，其中，按照以下方式确定所述接触电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_1)$、$Rlicon(T_2)$、……、$Rlicon(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以所述采样温度 T_i 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述接触电阻的电阻温度系数与环境温度的第三函数曲线,其中，T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中，所述根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数，包括：

按照以下方式计算所述接触电阻对应的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)：

$$TC_Rlicon(t)=K_2*(t-T_j)+C_2$$

其中，K_2 为所述第三函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_2 为所述第三函数曲线的截距。

15、一种器件仿真装置，所述装置包括：

处理模块，用于建立待测器件的仿真模型，所述待测器件包括第一电阻和寄生电阻，所述寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，所述第一电阻为所述待测器件的体电阻，所述第二电阻为所述待测器件的端电阻，所述接触电阻为所述待测器件上的接触插塞的等效电阻；

计算模块，用于确定所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数，并将所述第一电阻、所述第二电阻以及所述接触电阻对应的电阻温度系数添加到所述仿真模型；

仿真模块，用于根据所述仿真模型，进行通用模拟电路仿真器器件仿真。

16、根据权利要求 15 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

确定多个采样温度 T_1、T_2、……、T_n；

确定在每个采样温度下，所述待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为所述待测器件在版图上的长度；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻、所述第二电阻的方块电阻以及所述寄生电阻的阻值；

根据在所述每个采样温度下，所述第二电阻的方块电阻和所述寄生电阻的阻值，确定在所述每个采样温度下所述接触电阻的阻值。

17、根据权利要求 16 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

在所述每个采样温度下，分别测量所述待测器件在对应相同宽度、不同的所述第一长度时的阻值，所述宽度为所述待测器件在版图上的宽度；

以所述第一长度为 X 轴，所述阻值为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的第一函数曲线。

18、根据权利要求 17 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述第一电阻的方块电阻；

根据在所述每个采样温度下，所述待测器件的阻值与所述第一长度之间的函数关系，确定在所述每个采样温度下，所述寄生电阻的阻值，其中，所述寄生电阻的阻值与所述第一长度不相关；

根据在所述每个采样温度下所述第一电阻的方块电阻，确定在所述每个采样温度下所述第二电阻的方块电阻。

19、根据权利要求 18 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的斜率 $K(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$：

$$Rs_pure(T_i)=K(T_i)*W$$

其中，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

20、根据权利要求 18 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

根据在采样温度 T_i 下，所述待测器件的阻值与所述第一长度在预设直角坐标系中对应的函数曲线 $L(T_i)$的截距 $B(T_i)$，计算在所述采样温度 T_i 下所述寄生电阻的阻值 $Rext(T_i)$：

$$Rext(T_i)=B(T_i)/2$$

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

21、根据权利要求 18 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

将在采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$确定为在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻 $Rs_end(T_i)$；

其中，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

22、根据权利要求 16 所述的装置，其中，所述处理模块具体用于：

按照以下方式计算在采样温度下 T_i 下，所述接触电阻的阻值 $Rlicon(T_i)$：

$$Rlicon(T_i)=Rext(T_i)–Rs_end(T_i)*L_end/W$$

其中，$Rext(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述寄生电阻的阻值，$Rs_end(T_i)$表示在采样温度下 T_i 下所述第二电阻的方块电阻，L_end 表示所述待测器件的接触端在版图上的长度，W 表示所述待测器件在版图上的宽度，T_i∈（T_1、T_2、……、T_n）。

23、根据权利要求 22 所述的装置，其中，当在所述待测器件的一个接触端上所述

接触插塞的个数 N 大于或等于 2 时，在采样温度下 T_i 下单个所述接触插塞的阻值 $Rlicon'(T_i)$为：

$$Rlicon'(T_i)=Rlicon(T_i)*N。$$

24、根据权利要求 22 所述的装置，其中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式确定所述第一电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_1)$、$Rs_pure(T_2)$、……、$Rs_pure(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以采样温度 T_i 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述第一电阻的方块电阻 $Rs_pure(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述第一电阻的电阻温度系数与环境温度的第二函数曲线,其中，T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第二函数曲线以及待测环境温度，确定所述第一电阻对应的电阻温度系数。

25、根据权利要求 24 所述的装置，其中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式计算所述第一电阻对应的电阻温度系数 TC_Rpure(t)：

$$TC_Rpure(t)=K_1*(t-T_j)+C_1$$

其中，K_1 为所述第二函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_1 表示所述第二函数曲线的截距。

26、根据权利要求 25 所述的装置，其中，所述第一电阻对应的电阻温度系数与所述第二电阻对应的电阻温度系数相同。

27、根据权利要求 22 所述的装置，其中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式确定所述接触电阻对应的电阻温度系数：

根据在所述每个采样温度 T_1、T_2、……、T_n 下，所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_1)$、$Rlicon(T_2)$、……、$Rlicon(T_n)$，以采样温度 T_i 与基准采样温度 T_j 的差为 X 轴，以所述采样温度 T_i 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_i)$与所述基准采样温度 T_j 下所述接触电阻的电阻 $Rlicon(T_j)$的商为 Y 轴作图并进行线性拟合，确定所述接触电阻的电阻温度系数与环境温度的第三函数曲线,其中，T_j∈（T_1、T_2、……、T_n）；

根据所述第三函数曲线以及待测环境温度，确定所述接触电阻对应的电阻温度系数。

28、根据权利要求 27 所述的装置，其中，所述计算模块具体用于：

按照以下方式计算所述接触电阻对应的电阻温度系数 TC_Rlicon(t)：

$$TC_Rlicon(t)=K_2*(t-T_j)+C_2$$

其中，K_2 为所述第三函数曲线的斜率，t 表示所述待测环境温度，C_2 为所述第三函数曲线的截距。

29、一种电子设备，包括：至少一个处理器和存储器；

所述存储器存储计算机执行指令；

所述至少一个处理器执行所述存储器存储的计算机执行指令，使得所述至少一个处理器执行如权利要求 1 至 14 任一项所述的器件仿真方法。

30、一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质中存储有计算机执行指

令，当处理器执行所述计算机执行指令时，实现如权利要求 1 至 14 任一项所述的器件仿真方法。

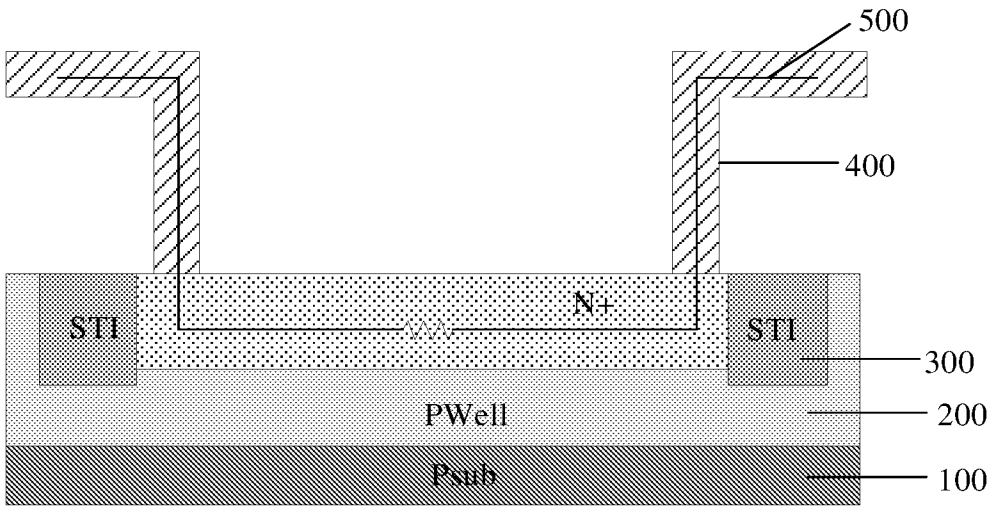
500
400
STI
N+
STI
300
PWell
200
Psub
100

图 1

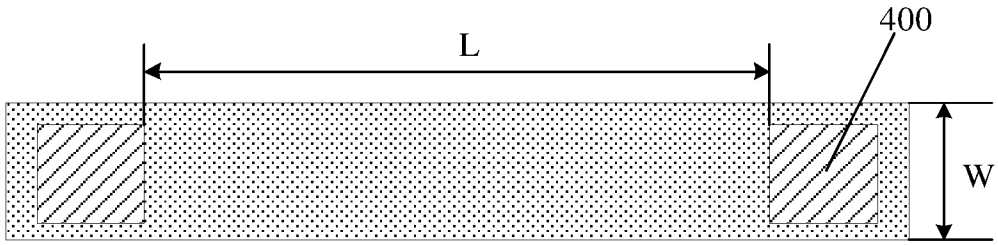
400
L
W

图 2

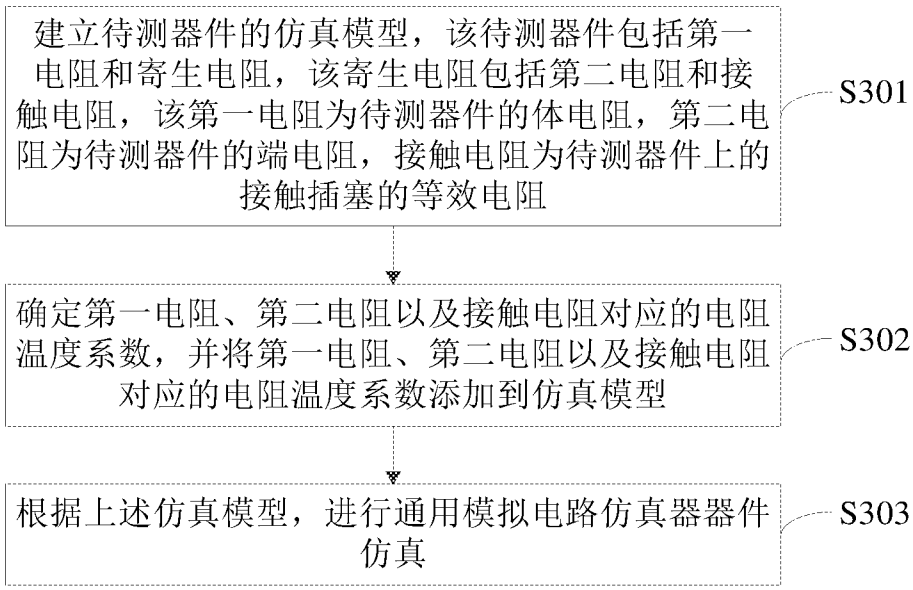
建立待测器件的仿真模型，该待测器件包括第一电阻和寄生电阻，该寄生电阻包括第二电阻和接触电阻，该第一电阻为待测器件的体电阻，第二电阻为待测器件的端电阻，接触电阻为待测器件上的接触插塞的等效电阻
S301
确定第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数，并将第一电阻、第二电阻以及接触电阻对应的电阻温度系数添加到仿真模型
S302
根据上述仿真模型，进行通用模拟电路仿真器器件仿真
S303

图 3

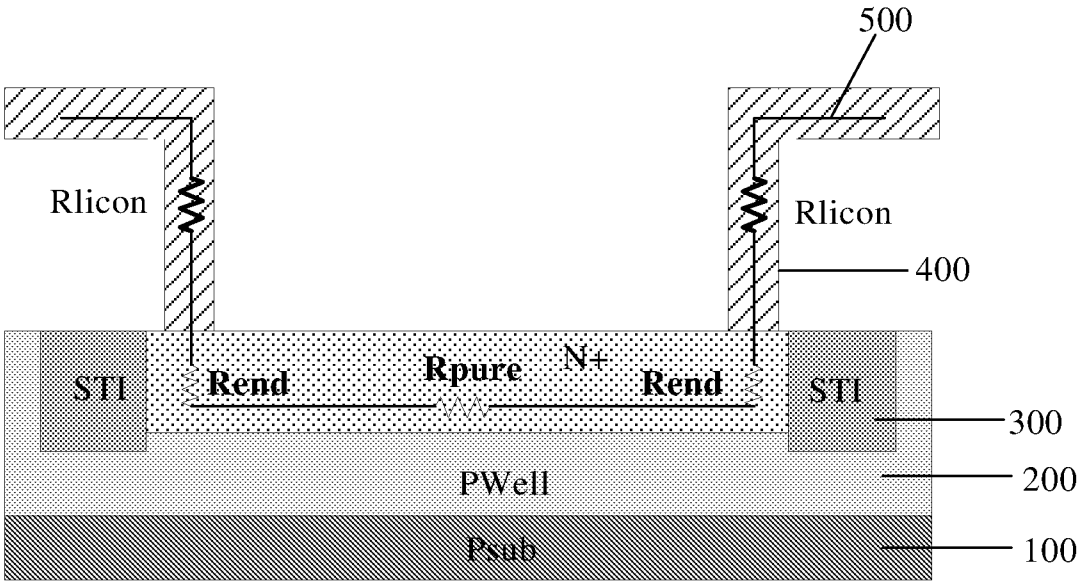
500
Rlicon
Rlicon
400
STI
Rend
Rpure
N+
Rend
STI
300
PWell
200
Psub
100

图 4

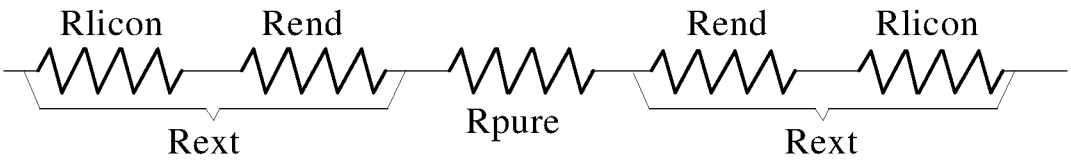
Rlicon
Rend
Rend
Rlicon
Rext
Rpure
Rext

图 5

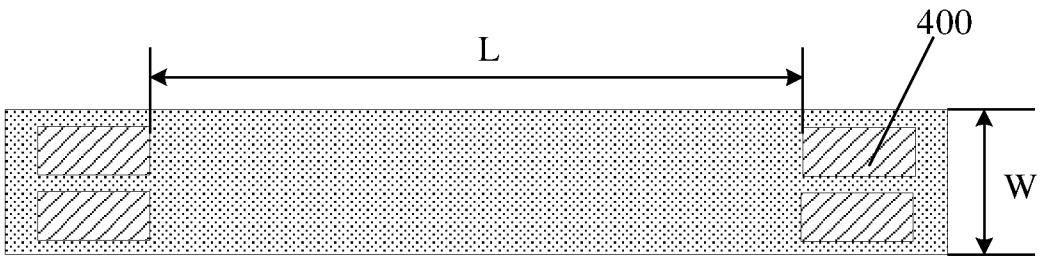
400
L
W

图 6

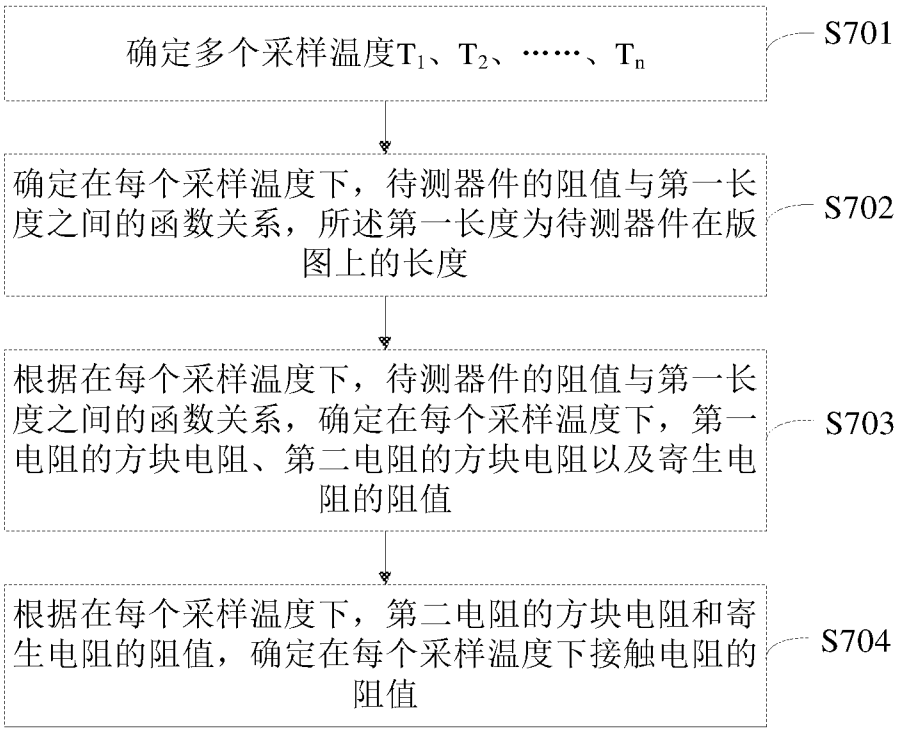
确定多个采样温度T_1、T_2、……、T_n
S701
确定在每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，所述第一长度为待测器件在版图上的长度
S702
根据在每个采样温度下，待测器件的阻值与第一长度之间的函数关系，确定在每个采样温度下，第一电阻的方块电阻、第二电阻的方块电阻以及寄生电阻的阻值
S703
根据在每个采样温度下，第二电阻的方块电阻和寄生电阻的阻值，确定在每个采样温度下接触电阻的阻值
S704

图 7

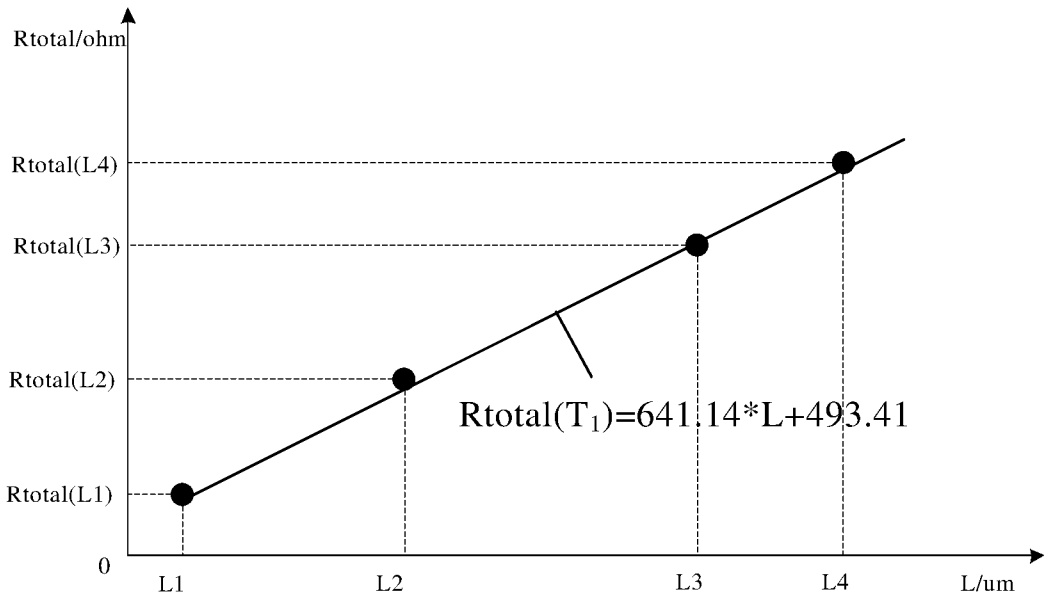
Rtotal/ohm
Rtotal(L4)
Rtotal(L3)
Rtotal(L2)
Rtotal(L1)
0
L1
L2
L3
L4
L/um
Rtotal(T_1)=641.14*L+493.41

图 8

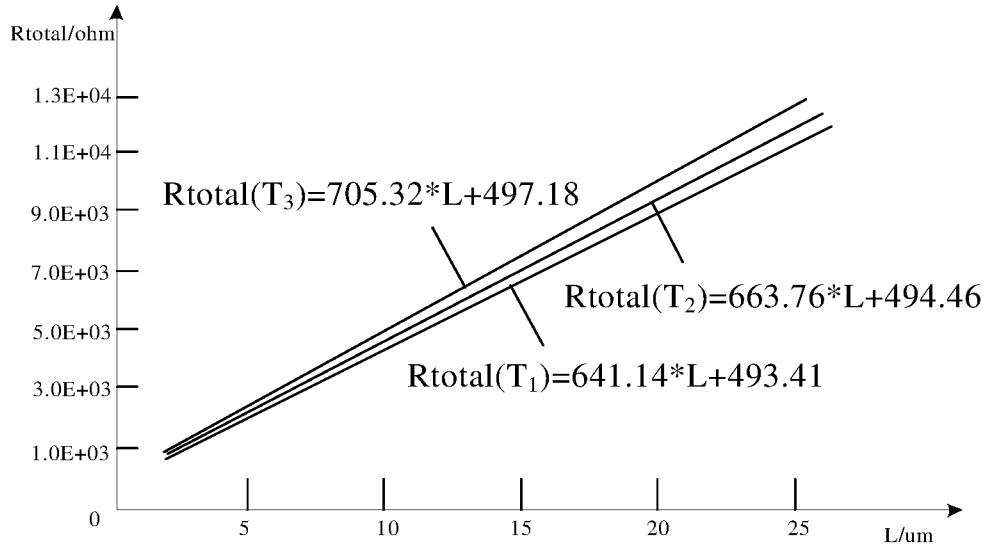
Rtotal/ohm
1.3E+04
1.1E+04
9.0E+03
7.0E+03
5.0E+03
3.0E+03
1.0E+03
0
5
10
15
20
25
L/um
Rtotal(T3)=705.32*L+497.18
Rtotal(T2)=663.76*L+494.46
Rtotal(T1)=641.14*L+493.41

图 9

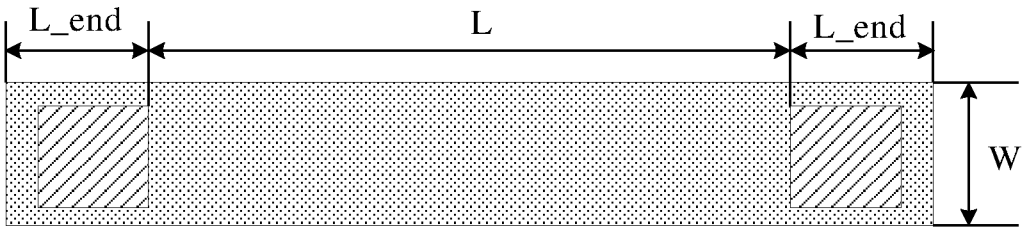
L_end
L
L_end
W

图 10

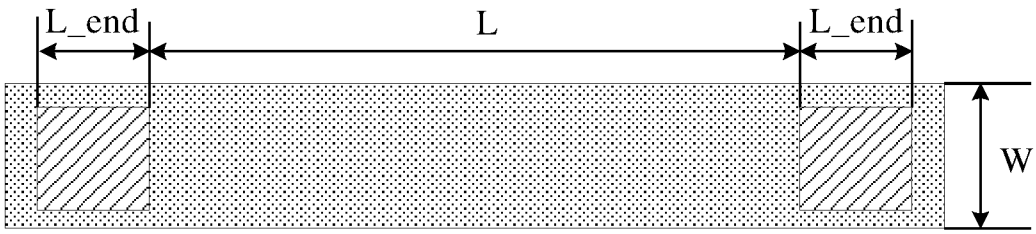
L_end
L
L_end
W

图 11

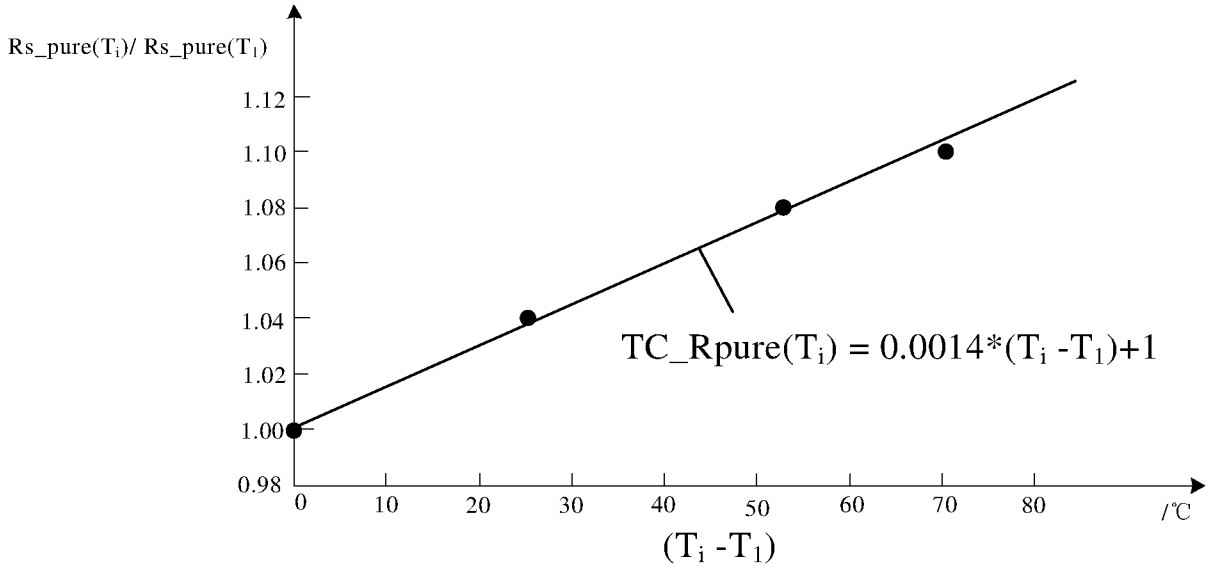
Rs_pure(Ti)/ Rs_pure(T1)
1.12
1.10
1.08
1.06
1.04
1.02
1.00
0.98
0
10
20
30
40
50
60
70
80
/℃
TC_Rpure(Ti) = 0.0014*(Ti -T1)+1
(Ti -T1)

图 12

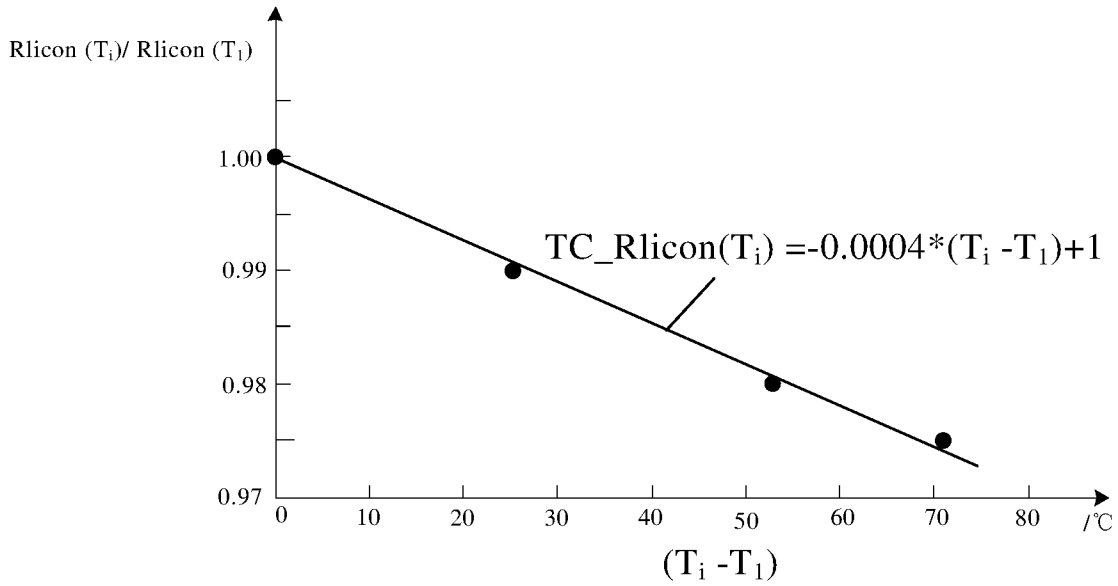
Rlicon (Ti)/ Rlicon (T1)
1.00
0.99
0.98
0.97
0
10
20
30
40
50
60
70
80
/℃
TC_Rlicon(Ti) =-0.0004*(Ti -T1)+1
(Ti -T1)

图 13

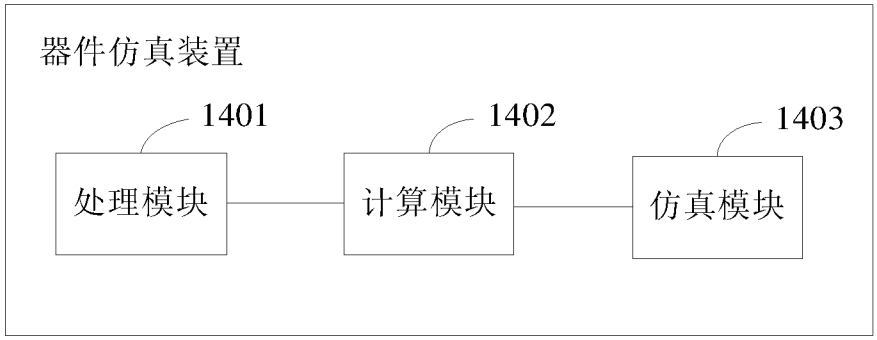
器件仿真装置
1401
1402
1403
处理模块
计算模块
仿真模块

图 14

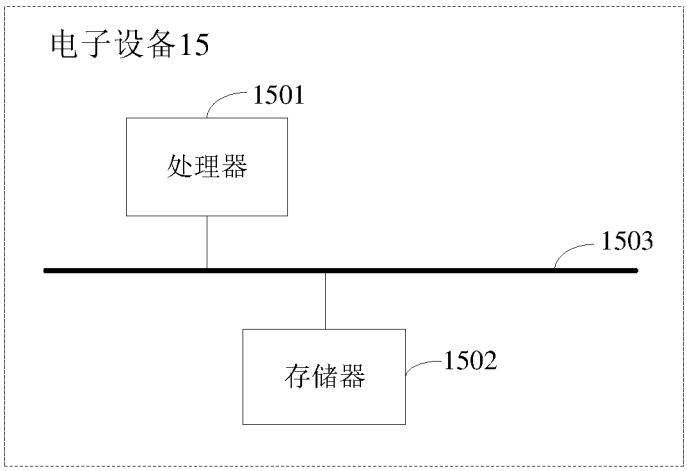
电子设备15
1501
处理器
1503
存储器
1502

图 15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2022/078551

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G06F 30/20(2020.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS; CNTXT; ENTXTC; WPABSC; VEN; ENTXT; OETXT; VEN; WPABS; DWPI; CJFD; IPCOM: 电阻, 仿真, 寄生, 端电阻, 接触电阻, 温度系数, 方块电阻, 膜电阻, emulate, resistance, resistivity, parasitic, contact, block, sheet, square, temperature, coefficient

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 105095537 A (WUXI CSMC TECHNOLOGIES SEMICONDUCTOR CO., LTD.) 25 November 2015 (2015-11-25) description, paragraphs 25-33, and figure 1	1, 15, 29, 30
A	CN 108875192 A (BEIHANG UNIVERSITY) 23 November 2018 (2018-11-23) entire document	1-30
A	US 2011066410 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP.) 17 March 2011 (2011-03-17) entire document	1-30
A	US 2002116691 A1 (TRW INC.) 22 August 2002 (2002-08-22) entire document	1-30

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
01 July 2022	**26 July 2022**
Name and mailing address of the ISA/CN **China National Intellectual Property Administration (ISA/CN)** **No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088, China** Facsimile No. **(86-10)62019451**	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2022/078551

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105095537	A	25 November 2015	WO	2015169253	A1	12 November 2015
				US	2017011144	A1	12 January 2017
				CN	105095537	B	23 March 2018
CN	108875192	A	23 November 2018		None		
US	2011066410	A1	17 March 2011	JP	2011065465	A	31 March 2011
				US	8437989	B2	07 May 2013
				JP	5336984	B2	06 November 2013
US	2002116691	A1	22 August 2002	WO	0184381	A1	08 November 2001
				AU	5725401	A	12 November 2001
				KR	20020093959	A	16 December 2002
				EP	1285366	A1	26 February 2003
				JP	2003532305	A	28 October 2003

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2022/078551

A. 主题的分类

G06F 30/20(2020.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G06F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNABS;CNTXT;ENTXTC;WPABSC;VEN;ENTXT;OETXT;VEN;WPABS;DWPI;CJFD;IPCOM:电阻，仿真，寄生，端电阻，接触电阻，温度系数，方块电阻，膜电阻，emulate，resistance，resistivity，parasitic，contact，block，sheet，square，temperature，coefficient

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 105095537 A (无锡华润上华半导体有限公司) 2015年11月25日 (2015-11-25) 说明书第25-33段，图1	1，15，29，30
A	CN 108875192 A (北京航空航天大学) 2018年11月23日 (2018-11-23) 全文	1-30
A	US 2011066410 A1 (RENESAS ELECTRONICS CORP) 2011年3月17日 (2011-03-17) 全文	1-30
A	US 2002116691 A1 (TRW INC) 2002年8月22日 (2002-08-22) 全文	1-30

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件
“T” 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件
“X” 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性
“Y” 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性
“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期
2022年7月1日	2022年7月26日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451	受权官员 周飞 电话号码 027-59371828

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2022/078551

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105095537	A	2015年11月25日	WO	2015169253	A1	2015年11月12日
				US	2017011144	A1	2017年1月12日
				CN	105095537	B	2018年3月23日
CN	108875192	A	2018年11月23日		无		
US	2011066410	A1	2011年3月17日	JP	2011065465	A	2011年3月31日
				US	8437989	B2	2013年5月7日
				JP	5336984	B2	2013年11月6日
US	2002116691	A1	2002年8月22日	WO	0184381	A1	2001年11月8日
				AU	5725401	A	2001年11月12日
				KR	20020093959	A	2002年12月16日
				EP	1285366	A1	2003年2月26日
				JP	2003532305	A	2003年10月28日