



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111142057 A

(43)申请公布日 2020.05.12

(21)申请号 201911302541.9

(22)申请日 2019.12.17

(71)申请人 中国电子科技集团公司第十三研究所

地址 050051 河北省石家庄市合作路113号

(72)发明人 王一帮 吴爱华 梁法国 刘晨 栾鹏 霍晔 孙静 李彦丽

(74)专利代理机构 石家庄国为知识产权事务所 13120

代理人 付晓娣

(51)Int.Cl.

G01R 35/00(2006.01)

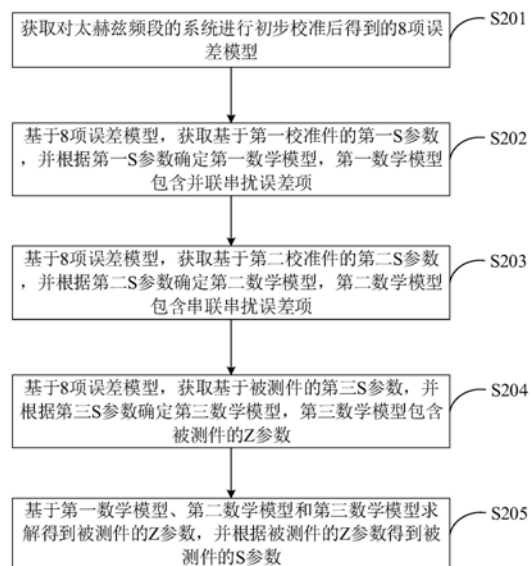
权利要求书2页 说明书10页 附图7页

(54)发明名称

太赫兹频段在片S参数的校准方法及终端设备

(57)摘要

本发明适用于半导体器件技术领域,提供了一种太赫兹频段在片S参数的校准方法及终端设备,包括:获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型;基于8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据第一S参数确定第一数学模型,第一数学模型包含并联串扰误差项;基于8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据第二S参数确定第二数学模型,第二数学模型包含探针之间的串联串扰项;获取基于被测件的第三S参数,并根据第三S参数确定第三数学模型,第三数学模型包含被测件的Z参数;基于第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数,并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数。本发明能实现太赫兹频段在片S参数的准确测试。



1. 一种太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,包括:

获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型;

基于所述8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据所述第一S参数确定第一数学模型,所述第一数学模型包含探针之间的并联串扰项;

基于所述8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据所述第二S参数确定第二数学模型,所述第二数学模型包含探针之间的串联串扰项;

基于所述8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据所述第三S参数确定第三数学模型,所述第三数学模型包含所述被测件的Z参数;

基于所述第一数学模型、所述第二数学模型和所述第三数学模型求解得到所述被测件的Z参数,并根据所述被测件的Z参数得到所述被测件的S参数。

2. 根据权利要求1所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述基于所述8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据所述第一S参数确定第一数学模型,包括:

基于所述第一校准件,生成所述第一校准件对应的第一等效电路模型;

根据所述8项误差模型,获取测量得到的所述第一校准件的第一S参数;

将所述第一S参数转换为第一Y参数;

根据所述第一Y参数和所述第一等效电路模型确定所述第一数学模型。

3. 根据权利要求2所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述第一数学模型为:

$$Y_{Total}^{OPN} = Y_{PAD} + Y_P$$

其中, Y_{Total}^{OPN} 为所述第一Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为所述探针之间的并联串扰项。

4. 根据权利要求1所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述基于所述8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据所述第二S参数确定第二数学模型,包括:

基于所述第二校准件,生成所述第二校准件对应的第二等效电路模型;

根据所述8项误差模型,获取测量得到的所述第二校准件的第二S参数;

将所述第二S参数转换为第二Y参数;

根据所述第二Y参数和所述第二等效电路模型确定所述第二数学模型。

5. 根据权利要求4所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述第二数学模型为:

$$Y_{Total}^{SHORT} = Y_{PAD} + Y_P + (Z_S + Z_L)^{-1}$$

其中, Y_{Total}^{SHORT} 为所述第二Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为所述探针之间的并联串扰项, Z_S 为所述探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数。

6. 根据权利要求1所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述基于所述8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据所述第三S参数确定第三数学模型,包括:

基于所述被测件,生成所述被测件对应的第三等效电路模型;
根据所述8项误差模型,获取测量得到的所述被测件的第三S参数;
将所述第三S参数转换为第三Y参数;
根据所述第三Y参数和所述第三等效电路模型确定所述第三数学模型。

7. 根据权利要求6所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述第三数学模型为:

$$Y_{Total}^{DUT} = Y_P + Y_{PAD} + (Z_S + Z_L + Z_{DUT})^{-1}$$

其中, Y_{Total}^{DUT} 为所述第三Y参数, Y_P 为所述探针之间的并联串扰项, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Z_S 为所述探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数, Z_{DUT} 为所述被测件的Z参数。

8. 根据权利要求1至7任一项所述的太赫兹频段在片S参数的校准方法,其特征在于,所述第一校准件为开路-开路校准件,所述第二校准件为短路-短路校准件。

9. 一种终端设备,包括存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1至8任一项所述太赫兹频段在片S参数的校准方法的步骤。

10. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质存储有计算机程序,所述计算机程序被一个或多个处理器执行时实现如权利要求1至8任一项所述太赫兹频段在片S参数的校准方法的步骤。

太赫兹频段在片S参数的校准方法及终端设备

技术领域

[0001] 本发明属于半导体器件技术领域,尤其涉及一种太赫兹频段在片S参数的校准方法及终端设备。

背景技术

[0002] 微电子行业中配备的大量“在片S参数测试系统”在使用前,需要使用在片校准件进行矢量校准。校准件的类型包括SOLT (Short-Open-Load-Thru,短路-开路-负载-直通)、TRL (Thru-Reflect-Line,直通-反射-线路)、LRRM (Line-Reflect-Reflect-Match,线路-反射-反射-匹配)等,每种校准件都对应着相应的校准算法。因此,影响校准准确度的因素主要有校准方法和校准件。

[0003] 传统的校准方法采用12项误差模型或8项误差模型,他们在低频在片领域(50GHz以下)、同轴和波导领域具有很高的准确度。但随着在片测试频率的升高,一些在低频段可以忽略的系统误差不可忽略,如探针与探针之间的泄漏(串扰信号)变得越来越大,影响了测试的准确度。串扰信号对测量结果带来的误差,随着频率的增加会越来越大,然而传统的12项误差模型或者8项误差模型,显然已经不能表征上述串扰误差量,使用传统的误差模型进行校准,测试得到的S参数准确度较低。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明实施例提供了一种太赫兹频段在片S参数的校准方法、系统及终端设备,以解决传统的误差模型无法表征串扰误差量,使用传统的误差模型进行校准,测试得到的S参数准确度较低的问题。

[0005] 本发明实施例的第一方面提供了一种太赫兹频段在片S参数的校准方法,包括:

[0006] 获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型;

[0007] 基于8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据第一S参数确定第一数学模型,第一数学模型包含探针之间的并联串扰项;

[0008] 基于8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据第二S参数确定第二数学模型,第二数学模型包含探针之间的串联串扰项;

[0009] 基于8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据第三S参数确定第三数学模型,第三数学模型包含被测件的Z参数;

[0010] 基于第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数,并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数。

[0011] 本发明实施例的第二方面提供了一种终端设备,包括存储器、处理器以及存储在存储器中并可在处理器上运行的计算机程序,处理器执行计算机程序时实现如第一方面所述太赫兹频段在片S参数的校准方法的步骤。

[0012] 本发明实施例的第三方面提供了一种计算机可读存储介质,计算机可读存储介质存储有计算机程序,计算机程序被一个或多个处理器执行时实现如第一方面所述太赫兹频

段在片S参数的校准方法的步骤。

[0013] 本发明实施例与现有技术相比存在的有益效果是：本发明实施例首先获取8项误差模型，然后基于8项误差模型，分别获取第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型，其中，第一数学模型包含探针之间的并联串扰项，第二数学模型包含探针之间的串联串扰项，第三数学模型包含被测件的Z参数；最后根据第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数，并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数，本发明实施例对8项误差模型增加了两次串扰修正，能够实现太赫兹频段在片S参数的准确测试。

附图说明

[0014] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0015] 图1是110GHz在片测试电磁分布仿真图；

[0016] 图2是本发明一实施例提供的太赫兹频段在片S参数的校准方法的实现流程示意图；

[0017] 图3是本发明一实施例提供的基于第一校准件的测试参考面的示意图；

[0018] 图4是本发明一实施例提供的第一等效电路模型的示意图；

[0019] 图5是本发明一实施例提供的又一种第一等效电路模型的示意图；

[0020] 图6是本发明一实施例提供的基于第二校准件的测试参考面的示意图；

[0021] 图7是本发明一实施例提供的第二等效电路模型的示意图；

[0022] 图8是本发明一实施例提供的被测件与探针通过PAD相连的等效电路模型的示意图；

[0023] 图9是本发明一实施例提供的又一种被测件与探针通过PAD相连的等效电路模型的示意图；

[0024] 图10是本发明一实施例提供的第三等效电路模型的示意图；

[0025] 图11是本发明一实施例提供的又一种第三等效电路模型的示意图；

[0026] 图12是本发明一实施例提供的各个校准件的示意图；

[0027] 图13是本发明一实施例提供的0.2GHz~110GHz模型验证结果；

[0028] 图14是本发明一实施例提供的140GHz~220GHz模型验证结果；

[0029] 图15是本发明一实施例提供的太赫兹频段在片S参数的校准装置的结构示意图；

[0030] 图16是本发明一实施例提供的终端设备的结构示意图。

具体实施方式

[0031] 以下描述中，为了说明而不是为了限定，提出了诸如特定系统结构、技术之类的具体细节，以便透彻理解本发明实施例。然而，本领域的技术人员应当清楚，在没有这些具体细节的其它实施例中也可以实现本发明。在其它情况中，省略对众所周知的系统、装置、电路以及方法的详细说明，以免不必要的细节妨碍本发明的描述。

[0032] 为了说明本发明所述的技术方案，下面通过具体实施例来进行说明。

[0033] 图1示出了110GHz在片测试电磁分布仿真图,具体是在110GHz两个探针测试一个直通传输线的电磁场分布图,微波探针处于一个开放的自由空间内,左右探针分别在空气之间和衬底之间,产生了两个能量耦合新路径,统称为串扰信号。串扰信号对测量结果带来的误差,随着频率的增加会越来越大。为了准确测量S参数,提出一种太赫兹频段在片S参数的校准方法。其中,S参数即为散射参数。

[0034] 图2是本发明一实施例提供的太赫兹频段在片S参数的校准方法的实现流程示意图,为了便于说明,仅示出了与本发明实施例相关的部分。本发明实施例的执行主体可以是终端设备。

[0035] 如图2所示,上述太赫兹频段在片S参数的校准方法可以包括以下步骤:

[0036] S201:获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型。

[0037] 具体地,可以采用Multiline TRL校准方法获取8项误差模型;也可先在系统同轴或波导口进行校准,再测量探针S参数,级联计算得到8项误差模型。

[0038] 其中,太赫兹频段的系统可以为太赫兹频段的在片S参数测试系统。例如,可以为太赫兹频段的在片矢量网络分析仪。

[0039] S202:基于8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据第一S参数确定第一数学模型,第一数学模型包含探针之间的并联串扰项。

[0040] 在本发明实施例中,首先通过8项误差模型对太赫兹频段的系统进行初步校准,得到初步校准后的太赫兹频段的系统。然后用第一校准件取代被测件,即在被测件的位置放置第一校准件,采用初步校准后的太赫兹频段的系统测量第一校准件的S参数,得到第一S参数,并根据第一S参数建立包含探针之间的并联串扰项的第一数学模型。其中,第一校准件可以是开路-开路(Open-Open)校准件。

[0041] 在本发明的一个实施例中,上述步骤S202可以包括以下步骤:

[0042] 基于第一校准件,生成第一校准件对应的第一等效电路模型;

[0043] 根据8项误差模型,获取测量得到的第一校准件的第一S参数;

[0044] 将第一S参数转换为第一Y参数;

[0045] 根据第一Y参数和第一等效电路模型确定第一数学模型。

[0046] 在本发明的一个实施例中,第一数学模型为:

$$[0047] \quad Y_{Total}^{OPN} = Y_{PAD} + Y_P \quad (1)$$

[0048] 其中, Y_{Total}^{OPN} 为所述第一Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为所述探针之间的并联串扰项。

[0049] 其中,Y参数为导纳参数。Y参数和S参数之间可以通过现有方法互相转换,Y参数和S参数均为2*2的矩阵。

[0050] 图3示出了基于第一校准件的测试参考面的示意图,即理想开路测试参考面的示意图。图中PAD用于连接被测件和探针,在图3中,第一校准件取代被测件,因此,图3中PAD用于连接第一校准件和探针。

[0051] 图4示出了第一校准件对应的第一等效电路模型的示意图,参见图4,在第一等效电路模型中, Y_{PAD} 和 Y_P 并联连接,基于第一等效电路模型可以确定第一数学模型如式(1)所示。在第一数学模型中的各个参数均为2*2矩阵。

[0052] 其中, Y_{PAD} 为 π 型两端口网络电路, 参见图5, $Y_{PAD} = \begin{bmatrix} Y_1 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_2 + Y_3 \end{bmatrix}$, Y_1 、 Y_2 和 Y_3 分别为 Y_{PAD} 矩阵中的元素。 Y_P 为 π 型两端口网络电路, 参见图5, $Y_P = \begin{bmatrix} Y_{p1} + Y_{p3} & -Y_{p3} \\ -Y_{p3} & Y_{p2} + Y_{p3} \end{bmatrix}$, Y_{p1} 、 Y_{p2} 和 Y_{p3} 分别为 Y_P 矩阵中的元素。

[0053] 在本发明实施例中, 首先利用初步校准后的太赫兹频段的系统测量第一校准件的第一S参数 S_{Total}^{OPN} , 第一S参数 S_{Total}^{OPN} 包含了串扰与理想开路; 然后采用现有方法, 将第一S参数转换为第一Y参数 Y_{Total}^{OPN} ; 最后根据第一等效电路模型和第一Y参数 Y_{Total}^{OPN} 确定第一数学模型为式(1)。

[0054] S203: 基于8项误差模型, 获取基于第二校准件的第二S参数, 并根据第二S参数确定第二数学模型, 第二数学模型包含探针之间的串联串扰项。

[0055] 采用第二校准件取代被测件, 即在被测件的位置放置第二校准件, 采用初步校准后的太赫兹频段的系统测量第二校准件的S参数, 得到第二S参数, 并根据第二S参数建立包含探针之间的串联串扰项的第二数学模型。其中, 第二校准件可以是短路-短路 (Short-Short) 校准件。

[0056] 在本发明的一个实施例中, 上述步骤S203可以包括以下步骤:

[0057] 基于第二校准件, 生成第二校准件对应的第二等效电路模型;

[0058] 根据8项误差模型, 获取测量得到的第二校准件的第二S参数;

[0059] 将第二S参数转换为第二Y参数;

[0060] 根据第二Y参数和第二等效电路模型确定第二数学模型。

[0061] 在本发明的一个实施例中, 第二数学模型为:

$$[0062] \quad Y_{Total}^{SHORT} = Y_{PAD} + Y_P + (Z_S + Z_L)^{-1} \quad (2)$$

[0063] 其中, Y_{Total}^{SHORT} 为第二Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为探针之间的并联串扰项, Z_S 为所述探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数 (短路寄生参数)。

[0064] 其中, Z 参数为阻抗参数。 Z 参数、 Y 参数和 S 参数之间可以通过现有方法互相转换。

[0065] 图6示出了基于第二校准件的测试参考面的示意图, 即理想短路测试参考面的示意图。在图6中, 第二校准件取代被测件, 因此, 图6中PAD用于连接第二校准件和探针。

[0066] 图7示出了第二校准件对应的第二等效电路模型的示意图, 参见图7, 在第二等效电路模型中, Y_{PAD} 和 Y_P 并联连接, 同时与虚线框中的部分并联连接, 虚线框内部记为 Z_T , 转换为对应的Y参数为 $(Z_T)^{-1}$ 。其中, Z_T 为包含串联寄生参数和串联串扰项的中间参数, $Z_T = Z_S + Z_L$, Z_S 和 Z_L 均为T型两端口网络电路,

$$Z_S = \begin{bmatrix} Z_{S1} + Z_{S3} & Z_{S3} \\ Z_{S3} & Z_{S2} + Z_{S3} \end{bmatrix}, Z_L = \begin{bmatrix} Z_{L1} + Z_{L3} & Z_{L3} \\ Z_{L3} & Z_{L2} + Z_{L3} \end{bmatrix}, Z_{S1}、Z_{S2} 和 Z_{S3} 分别为 $Z_S$$$

矩阵中的元素, Z_{L1} 、 Z_{L2} 和 Z_{L3} 分别为 Z_L 矩阵中的元素。

[0067] 基于第二等效电路模型可以确定第二数学模型如式(2)所示。在式(2)中的各个参数均为 2×2 矩阵。

[0068] 在本发明实施例中, 首先利用初步校准后的太赫兹频段的系统测量第二校准件的

第二S参数 S_{Total}^{SHORT} ,第二S参数 S_{Total}^{SHORT} 包含了串扰与寄生参数;然后采用现有方法,将第二S参数 S_{Total}^{SHORT} 转换为第二Y参数 Y_{Total}^{SHORT} ;最后根据第二等效电路模型和第二Y参数 Y_{Total}^{SHORT} 确定第二数学模型为式(2)。

[0069] S204:基于8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据第三S参数确定第三数学模型,第三数学模型包含被测件的Z参数。

[0070] 采用初步校准后的太赫兹频段的系统测量被测件的S参数,得到第三S参数,并根据第三S参数建立包含被测件的Z参数的第三数学模型。

[0071] 在本发明的一个实施例中,上述步骤S204可以包括以下步骤:

[0072] 基于被测件,生成被测件对应的第三等效电路模型;

[0073] 根据8项误差模型,获取测量得到的被测件的第三S参数;

[0074] 将第三S参数转换为第三Y参数;

[0075] 根据第三Y参数和第三等效电路模型确定第三数学模型。

[0076] 在本发明的一个实施例中,第三数学模型为:

$$[0077] \quad Y_{Total}^{DUT} = Y_P + Y_{PAD} + (Z_S + Z_L + Z_{DUT})^{-1} \quad (3)$$

[0078] 其中, Y_{Total}^{DUT} 为第三Y参数, Y_P 为探针之间的并联串扰项, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Z_S 为探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数, Z_{DUT} 为被测件的Z参数。

[0079] 图8示出了被测件DUT与探针通过PAD相连的等效电路模型的示意图,即PAD寄生等效电路模型的示意图。其中, Y_{PAD} 为 π 型两端口网络电路,参见图9,

$$Y_{PAD} = \begin{bmatrix} Y_1 + Y_3 & -Y_3 \\ -Y_3 & Y_2 + Y_3 \end{bmatrix}, Y_1, Y_2 \text{ 和 } Y_3 \text{ 分别为 } Y_{PAD} \text{ 矩阵中的元素。}$$

[0080] 图10示出了第三等效电路模型的示意图,第三等效电路模型为包含了PAD寄生和串扰的误差模型。参见图10,在第三等效电路模型中, Y_{PAD} 和 Y_P 并联连接,同时与虚线框中的部分并联连接,虚线框内部记为 $Z_T + Z_{DUT}$,转换为对应的Y参数为 $(Z_T + Z_{DUT})^{-1}$,即 $(Z_S + Z_L + Z_{DUT})^{-1}$ 。基于第三等效电路模型可以确定第三数学模型如式(3)所示。在第三数学模型中的各个参数均为2*2矩阵。

$$[0081] \quad \text{其中, } Y_P \text{ 为 } \pi \text{ 型两端口网络电路,参见图11, } Y_P = \begin{bmatrix} Y_{p1} + Y_{p3} & -Y_{p3} \\ -Y_{p3} & Y_{p2} + Y_{p3} \end{bmatrix}, Y_{p1},$$

Y_{p2} 和 Y_{p3} 分别为 Y_P 矩阵中的元素。

[0082] 通过对太赫兹频段测试的电磁场分布进行分析,见图1,探针与探针之间存在泄漏路径,同样的,探针与地之间也存在泄漏路径,基于此,建立第三等效电路模型。

[0083] 在本发明实施例中,首先利用初步校准后的太赫兹频段的系统测量被测件的第三S参数 S_{Total}^{DUT} ;然后采用现有方法,将第三S参数 S_{Total}^{DUT} 转换为第三Y参数 Y_{Total}^{DUT} ;最后根据第三等效电路模型和第三Y参数 Y_{Total}^{DUT} 确定第三数学模型为式(3)。

[0084] S205:基于第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数,并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数。

[0085] 具体地,式(2)与式(1)做相减操作,可以得到下式(4):

$$[0086] \quad (Z_S + Z_L)^{-1} = Y_{Total}^{SHORT} - Y_{Total}^{OPN} \quad (4)$$

[0087] 式(3)与式(1)做相减操作,可以得到下式(5):

$$[0088] \quad (Z_S + Z_L + Z_{DUT})^{-1} = Y_{Total}^{DUT} - Y_{Total}^{OPN} \quad (5)$$

[0089] 通过式(4)可以得到 Z_S+Z_L ,通过式(5)可以得到 $Z_S+Z_L+Z_{DUT}$,通过式(6)可以得到 Z_{DUT} ,即得到被测件的Z参数。通过现有方法,可以将被测件的Z参数转换为被测件的S参数,该被测件的S参数即为校准后的被测件的S参数。

$$[0090] \quad Z_{DUT} = Z_S + Z_L + Z_{DUT} - (Z_S + Z_L) \quad (6)$$

[0091] 在本发明的一个实施例中,第一校准件为开路-开路校准件,第二校准件为短路-短路校准件。

[0092] 可选地,在上述求解过程中,可以采用正交自回归算法减小随机误差,提高测试精确度。

[0093] 由上述描述可知,本发明实施例对8项误差模型增加了两次串扰修正,能够实现太赫兹频段在片S参数的准确测试,提高S参数的准确度,能同时消除被测件连接结构与串扰误差,达到了较好的指标,满足市场上商用的在片S参数校准工作。

[0094] 具体地,通过常规的校准和测试Open-Open和Short-Short校准件,既可以解决太赫兹测试中被测件连接结构PAD去嵌入问题,又能消除微波探针之间的串扰(泄漏),实现有效测试端面延伸到管芯根部。通过建立被测件连接结构PAD和串扰与被测件之间的误差模型,给出求解方法。采用常规校准方法先进行一次校准,并测试得到被测件、Open-Open和Short-Short的数据,通过所建立的误差模型最终得到消除高频串扰的被测件根部的数据,最终可以提高在片S参数测试准确度。

[0095] 为了验证上述方法,研制了3mm频段和140GHz~220GHz校准件和串扰验证件,部分校准件示意图如图12所示。校准件分为Multiline TRL校准件和串扰校准件。Multiline TRL校准件中设计了直通长度为400 μ m的Coplanar Waveguide(共面波导,CPW)传输线,其余额外长度为100 μ m,300 μ m,500 μ m,2000 μ m,5000 μ m,7000 μ m,11000 μ m,反射标准为Short-Short(短路-短路);两端口标准为Open-Open(开路-开路),Short-Short(短路-短路),Resistor-Resistor(电阻-电阻)(用于Multiline TRL校准件定义),单端口偏移为直通(Thru)一半200 μ m。被测件为无源衰减器,左右两端口50欧姆串联,上下地板之间75欧姆并联,这种衰减器结构对串扰最为敏感。图12中,a=200 μ m,b=220 μ m。

[0096] 第一步采用Multiline TRL校准方法进行基本在片矢量网络分析仪校准,获得8项误差模型,之后测量得到无源衰减器未经串扰修正过的测量结果;第二步,采用校准过的在片矢量网络分析仪测量2种反射校准件,获取理想的Open-Open,Short-Short。最后,根据测量模型得到无源衰减器串扰修正过的测量结果。测量完成后,需要对无源衰减器进行电磁场仿真来得到其S参数,比较下串扰修正前后测量结果与仿真结果。

[0097] 采用在片矢量网络分析仪测量无源衰减器得到未经串扰修正的S参数,根据公式(4)、(5)、(6)得到最终被测件的S参数,即校准后的S参数。测量结果见图13和图14。

[0098] 在图13中,在左侧图像中,15dB表示被测件,“15dB_未串扰修正(S11)”为未串扰修正的S11的测量结果,对应图中曲线101;“15dB_this paper(S11)”为本发明实施例提供的校准方法的S11的测量结果,对应图中曲线103;“15dB_NIST(S11)”为NIST的S11的测量结

果,对应图中曲线102。在右侧图像中,“Multiline TRL (S21)”为未串扰修正的S21的测量结果,对应图中曲线301;“NIST (S21)”为NIST串扰修正的S21的测量结果,对应图中曲线302;“本文_16term (S21)”为本发明实施例提供的校准方法的S21的测量结果,对应图中曲线303。S21改善了1.3dB以上,与仿真值趋势更加吻合。

[0099] 在图14中,G6表示被测件,在左侧图像中,“G6_未串扰修正 (S11)”为未串扰修正的S11的测量结果,对应图中曲线112;“G6_this paper (S11)”为本发明实施例提供的校准方法的S11的测量结果,对应图中曲线111。在右侧图像中,“G6_未串扰修正 (S21)”为未串扰修正的S21的测量结果,对应图中曲线312;“G6_this paper (S21)”为本发明实施例提供的校准方法的S21的测量结果,对应图中曲线311。可以看出S21改善了1.5dB以上,与仿真值趋势更加吻合。

[0100] 应理解,上述实施例中各步骤的序号的大小并不意味着执行顺序的先后,各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定,而不应对本发明实施例的实施过程构成任何限定。

[0101] 图15是本发明一实施例提供的太赫兹频段在片S参数的校准装置的示意框图,为了便于说明,仅示出与本发明实施例相关的部分。

[0102] 在本发明实施例中,太赫兹频段在片S参数的校准装置1200可以包括:获取模块1201、第一数学模型确定模块1202、第二数学模型确定模块1203、第三数学模型确定模块1204和S参数确定模块1205。

[0103] 其中,获取模块1201,用于获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型;

[0104] 第一数学模型确定模块1202,用于基于8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据第一S参数确定第一数学模型,第一数学模型包含探针之间的并联串扰项;

[0105] 第二数学模型确定模块1203,用于基于8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据第二S参数确定第二数学模型,第二数学模型包含探针之间的串联串扰项;

[0106] 第三数学模型确定模块1204,用于基于8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据第三S参数确定第三数学模型,第三数学模型包含被测件的Z参数;

[0107] S参数确定模块1205,用于基于第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数,并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数。

[0108] 可选地,第一数学模型确定模块1202具体用于:

[0109] 基于第一校准件,生成第一校准件对应的第一等效电路模型;

[0110] 根据8项误差模型,获取测量得到的第一校准件的第一S参数;

[0111] 将第一S参数转换为第一Y参数;

[0112] 根据第一Y参数和第一等效电路模型确定第一数学模型。

[0113] 可选地,第一数学模型为:

$$[0114] \quad Y_{Total}^{OPN} = Y_{PAD} + Y_P$$

[0115] 其中, Y_{Total}^{OPN} 为第一Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为探针之间的并联串扰项。

[0116] 可选地,第二数学模型确定模块1203具体用于:

[0117] 基于第二校准件,生成第二校准件对应的第二等效电路模型;

[0118] 根据8项误差模型,获取测量得到的第二校准件的第二S参数;

[0119] 将第二S参数转换为第二Y参数;

[0120] 根据第二Y参数和第二等效电路模型确定第二数学模型。

[0121] 可选地,第二数学模型为:

$$[0122] \quad Y_{Total}^{SHORT} = Y_{PAD} + Y_P + (Z_S + Z_L)^{-1}$$

[0123] 其中, Y_{Total}^{SHORT} 为第二Y参数, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Y_P 为探针之间的并联串扰项, Z_S 为探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数。

[0124] 可选地,第三数学模型确定模块1204具体用于:

[0125] 基于被测件,生成被测件对应的第三等效电路模型;

[0126] 根据8项误差模型,获取测量得到的被测件的第三S参数;

[0127] 将第三S参数转换为第三Y参数;

[0128] 根据第三Y参数和第三等效电路模型确定第三数学模型。

[0129] 可选地,第三数学模型为:

$$[0130] \quad Y_{Total}^{DUT} = Y_P + Y_{PAD} + (Z_S + Z_L + Z_{DUT})^{-1}$$

[0131] 其中, Y_{Total}^{DUT} 为第三Y参数, Y_P 为探针之间的并联串扰项, Y_{PAD} 为PAD并联寄生参数, Z_S 为探针之间的串联串扰项, Z_L 为PAD内连线的串联寄生参数, Z_{DUT} 为被测件的Z参数。

[0132] 可选地,第一校准件为开路-开路校准件,第二校准件为短路-短路校准件。

[0133] 所属领域的技术人员可以清楚地了解到,为了描述的方便和简洁,仅以上述各功能单元、模块的划分进行举例说明,实际应用中,可以根据需要而将上述功能分配由不同的功能单元、模块完成,即将所述太赫兹频段在片S参数的校准装置的内部结构划分成不同的功能单元或模块,以完成以上描述的全部或者部分功能。实施例中的各功能单元、模块可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中,上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。另外,各功能单元、模块的具体名称也只是为了便于相互区分,并不用于限制本申请的保护范围。上述装置中单元、模块的具体工作过程,可以参考前述方法实施例中的对应过程,在此不再赘述。

[0134] 图16是本发明一实施例提供的终端设备的示意框图。如图16所示,该实施例的终端设备1300包括:一个或多个处理器1301、存储器1302以及存储在所述存储器1302中并可在所述处理器1301上运行的计算机程序1303。所述处理器1301执行所述计算机程序1303时实现上述各个太赫兹频段在片S参数的校准方法实施例中的步骤,例如图2所示的步骤S201至S205。或者,所述处理器1301执行所述计算机程序1303时实现上述太赫兹频段在片S参数的校准装置实施例中各模块/单元的功能,例如图15所示模块1201至1205的功能。

[0135] 示例性地,所述计算机程序1303可以被分割成一个或多个模块/单元,所述一个或多个模块/单元被存储在所述存储器1302中,并由所述处理器1301执行,以完成本申请。所述一个或多个模块/单元可以是能够完成特定功能的一系列计算机程序指令段,该指令段用于描述所述计算机程序1303在所述终端设备1300中的执行过程。例如,所述计算机程序1303可以被分割成获取模块、第一数学模型确定模块、第二数学模型确定模块、第三数学

模型确定模块和S参数确定模块,各模块具体功能如下:

[0136] 获取模块,用于获取对太赫兹频段的系统进行初步校准后得到的8项误差模型;

[0137] 第一数学模型确定模块,用于基于8项误差模型,获取基于第一校准件的第一S参数,并根据第一S参数确定第一数学模型,第一数学模型包含探针之间的并联串扰项;

[0138] 第二数学模型确定模块,用于基于8项误差模型,获取基于第二校准件的第二S参数,并根据第二S参数确定第二数学模型,第二数学模型包含探针之间的串联串扰项;

[0139] 第三数学模型确定模块,用于基于8项误差模型,获取基于被测件的第三S参数,并根据第三S参数确定第三数学模型,第三数学模型包含被测件的Z参数;

[0140] S参数确定模块,用于基于第一数学模型、第二数学模型和第三数学模型求解得到被测件的Z参数,并根据被测件的Z参数得到被测件的S参数。

[0141] 其它模块或者单元可参照图15所示的实施例中的描述,在此不再赘述。

[0142] 所述终端设备1300可以是桌上型计算机、笔记本、掌上电脑及云端服务器等计算设备,所述终端设备1300还可以是DSP(digital signal processor,数字信号处理器)。所述终端设备1300包括但不限于处理器1301、存储器1302。本领域技术人员可以理解,图16仅仅是终端设备1300的一个示例,并不构成对终端设备1300的限定,可以包括比图示更多或更少的部件,或者组合某些部件,或者不同的部件,例如所述终端设备1300还可以包括输入设备、输出设备、网络接入设备、总线等。

[0143] 所述处理器1301可以是中央处理单元(Central Processing Unit,CPU),还可以是其他通用处理器、数字信号处理器(Digital Signal Processor,DSP)、专用集成电路(Application Specific Integrated Circuit,ASIC)、现场可编程门阵列(Field-Programmable Gate Array,FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件等。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。

[0144] 所述存储器1302可以是所述终端设备1300的内部存储单元,例如终端设备1300的硬盘或内存。所述存储器1302也可以是所述终端设备1300的外部存储设备,例如所述终端设备1300上配备的插接式硬盘,智能存储卡(Smart Media Card,SMC),安全数字(Secure Digital,SD)卡,闪存卡(Flash Card)等。进一步地,所述存储器1302还可以既包括终端设备1300的内部存储单元也包括外部存储设备。所述存储器1302用于存储所述计算机程序1303以及所述终端设备1300所需的其他程序和数据。所述存储器1302还可以用于暂时地存储已经输出或者将要输出的数据。

[0145] 在上述实施例中,对各个实施例的描述都各有侧重,某个实施例中未详述或记载的部分,可以参见其它实施例的相关描述。

[0146] 本领域普通技术人员可以意识到,结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤,能够以电子硬件、或者计算机软件和电子硬件的结合来实现。这些功能究竟以硬件还是软件方式来执行,取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能,但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

[0147] 在本申请所提供的实施例中,应该理解到,所揭露的太赫兹频段在片S参数的校准装置和方法,可以通过其它的方式实现。例如,以上所描述的太赫兹频段在片S参数的校准

装置实施例仅仅是示意性的,例如,所述模块或单元的划分,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,例如多个单元或组件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讯连接可以是通过一些接口,装置或单元的间接耦合或通讯连接,可以是电性,机械或其它的形式。

[0148] 所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的,作为单元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单元来实现本实施例方案的目的。

[0149] 另外,在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中,也可以是各个单元单独物理存在,也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现,也可以采用软件功能单元的形式实现。

[0150] 所述集成的模块/单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请实现上述实施例方法中的全部或部分流程,也可以通过计算机程序来指令相关的硬件来完成,所述的计算机程序可存储于一计算机可读存储介质中,该计算机程序在被处理器执行时,可实现上述各个方法实施例的步骤。其中,所述计算机程序包括计算机程序代码,所述计算机程序代码可以为源代码形式、对象代码形式、可执行文件或某些中间形式等。所述计算机可读介质可以包括:能够携带所述计算机程序代码的任何实体或装置、记录介质、U盘、移动硬盘、磁碟、光盘、计算机存储器、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、电载波信号、电信信号以及软件分发介质等。需要说明的是,所述计算机可读介质包含的内容可以根据司法管辖区内立法和专利实践的要求进行适当的增减,例如在某些司法管辖区,根据立法和专利实践,计算机可读介质不包括是电载波信号和电信信号。

[0151] 以上所述实施例仅用以说明本申请的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本申请进行了详细的说明,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申请各实施例技术方案的精神和范围,均应包含在本申请的保护范围之内。

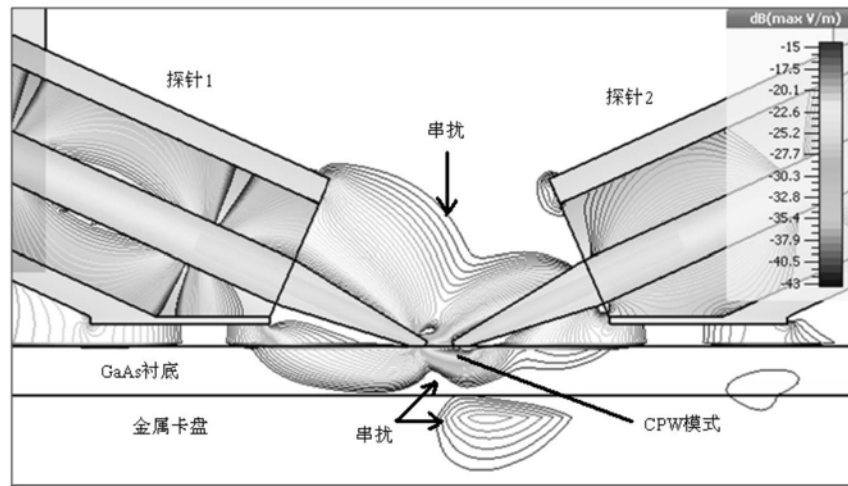


图1

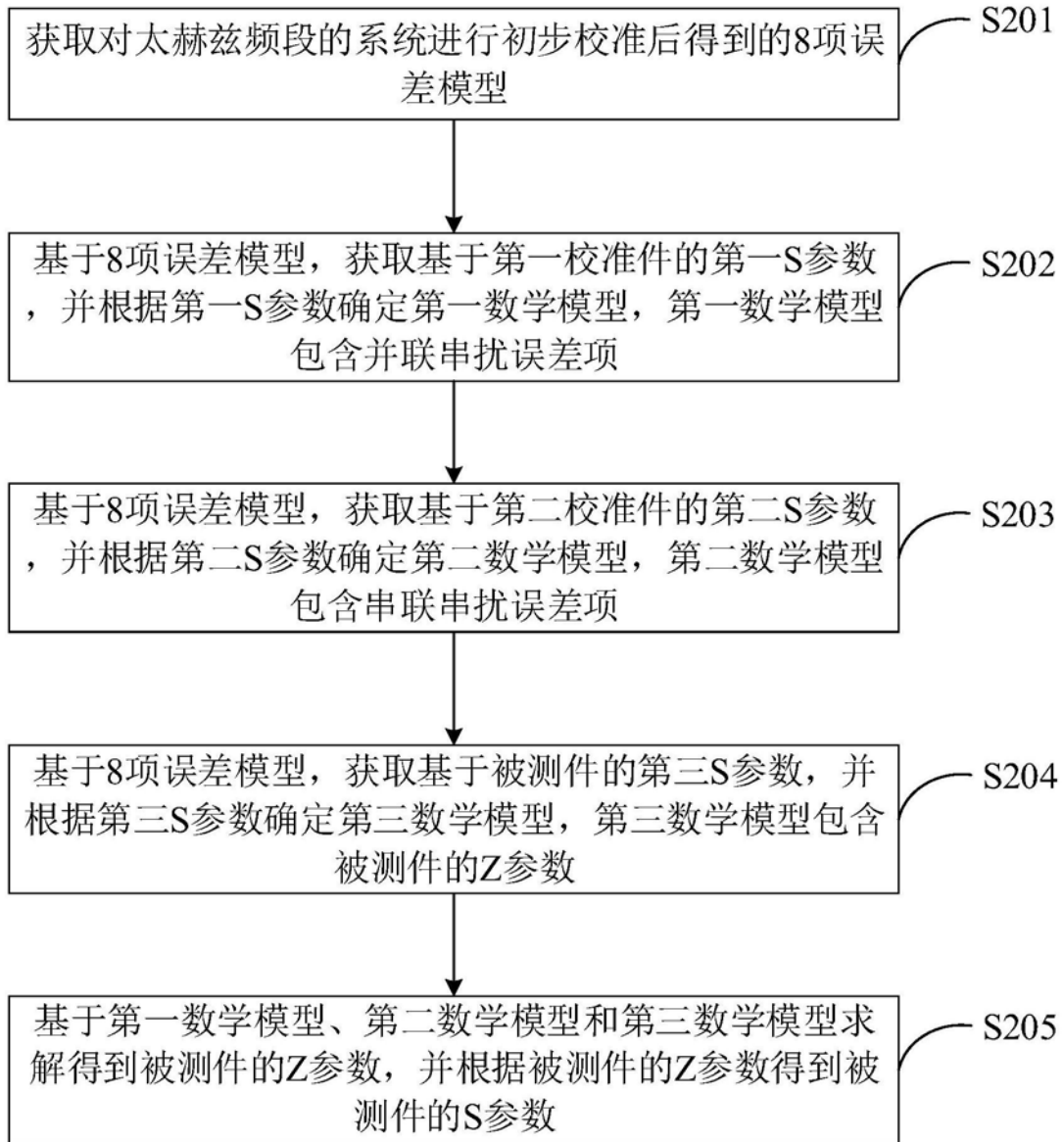


图2

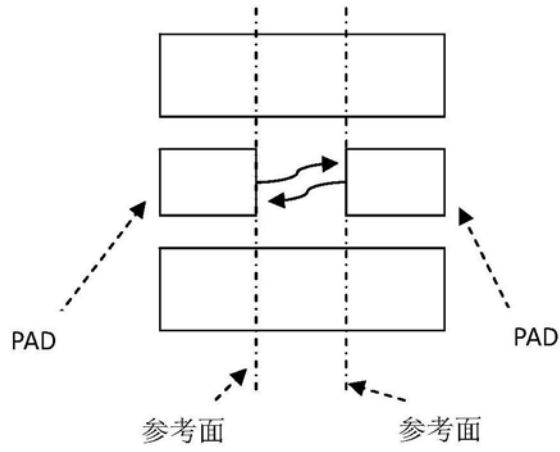


图3

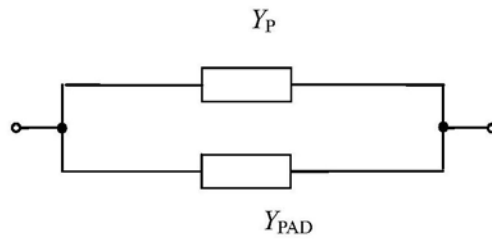


图4

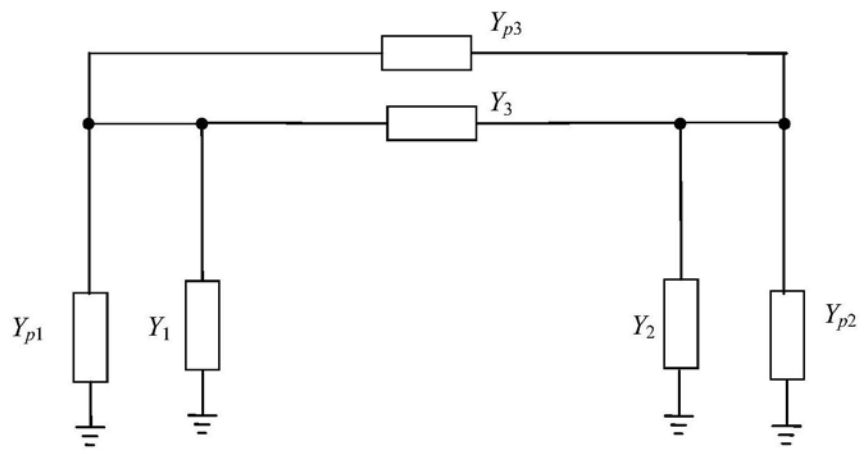


图5

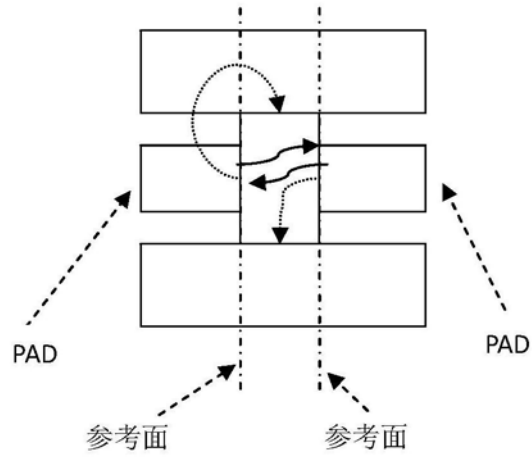


图6

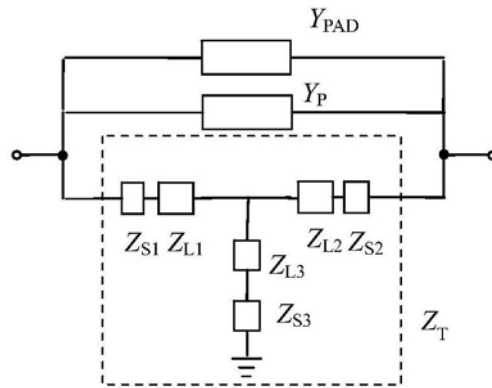


图7

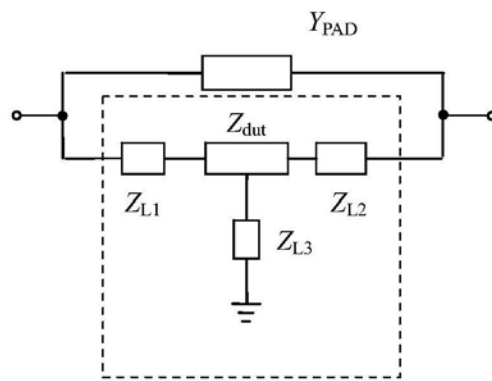


图8

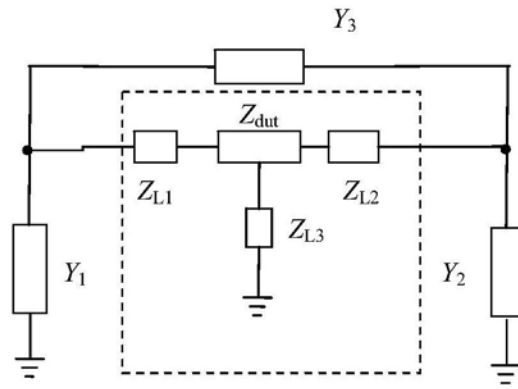


图9

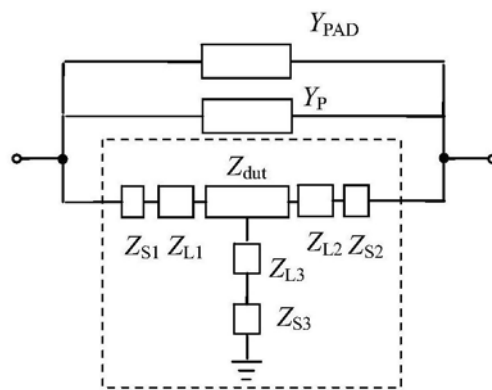


图10

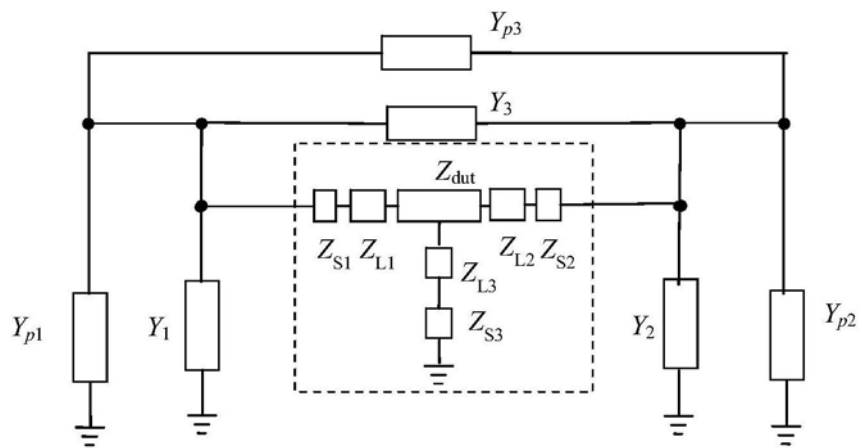


图11

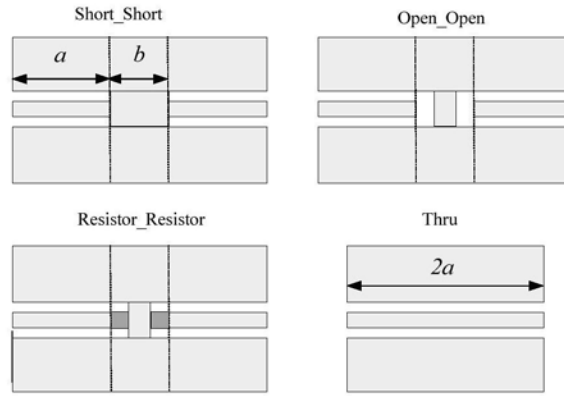


图12

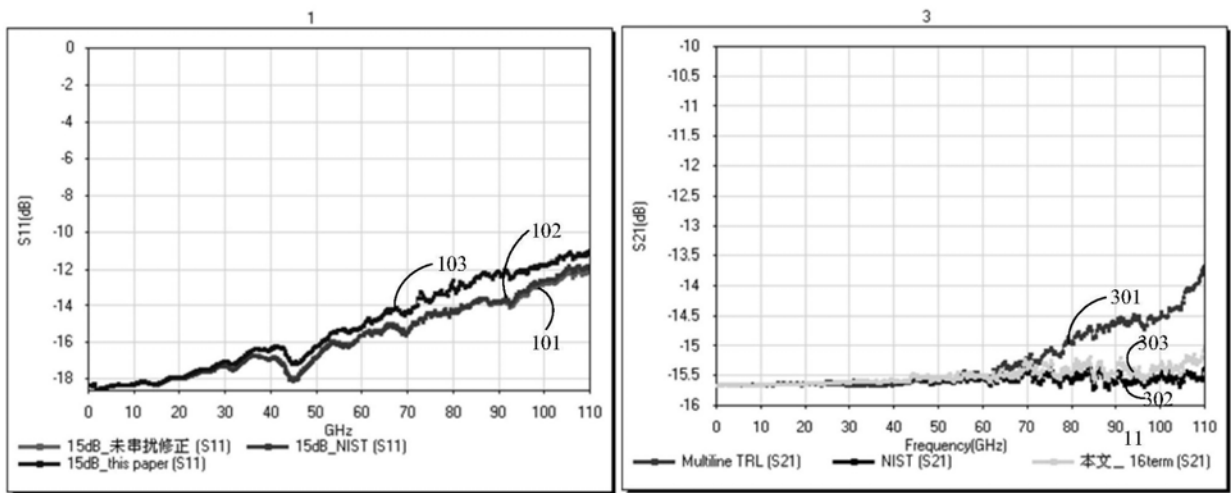


图13

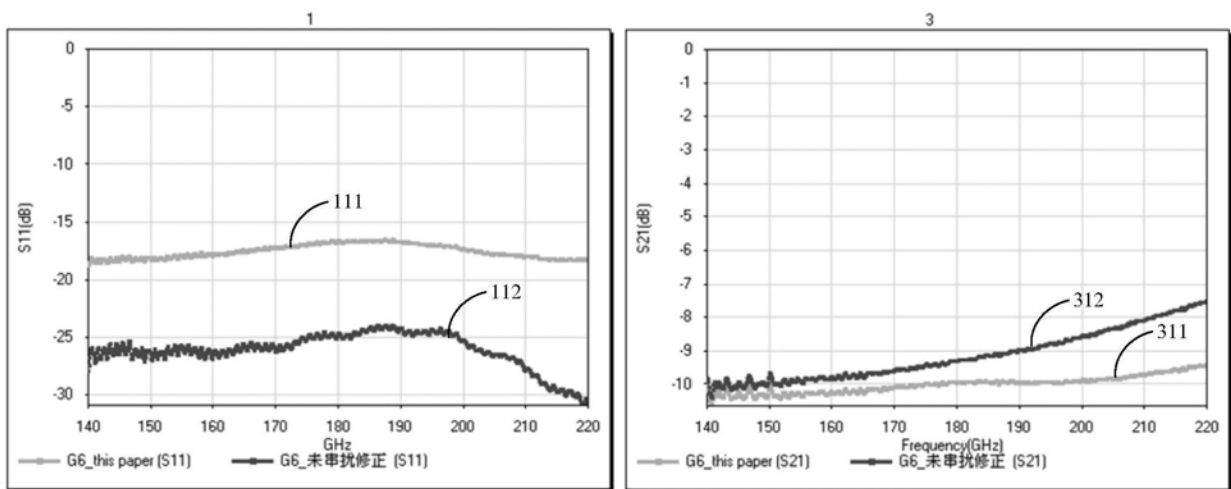


图14

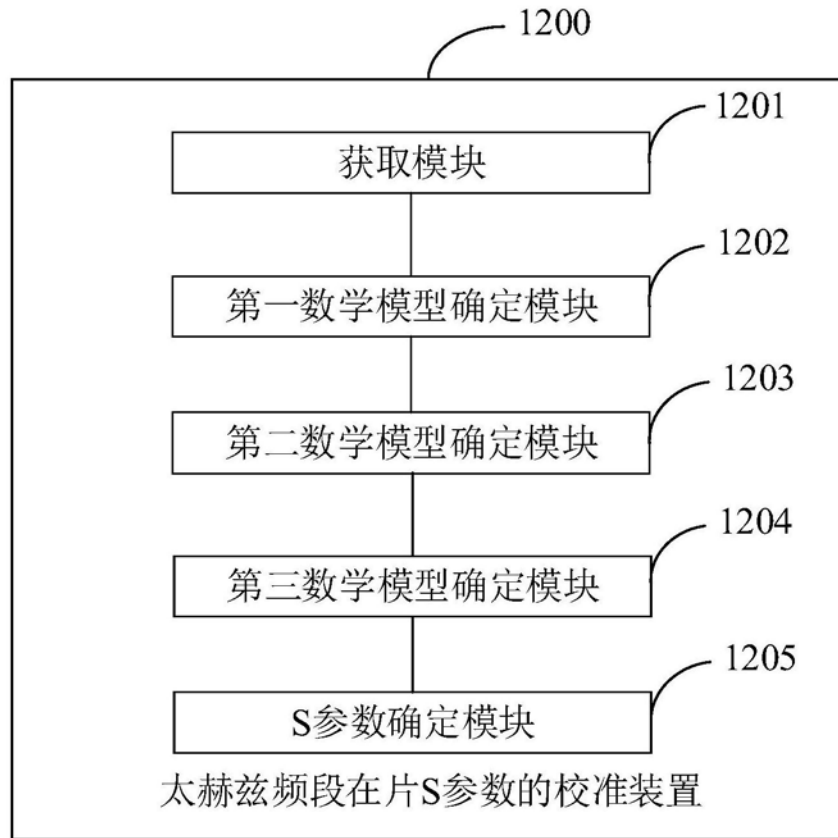


图15

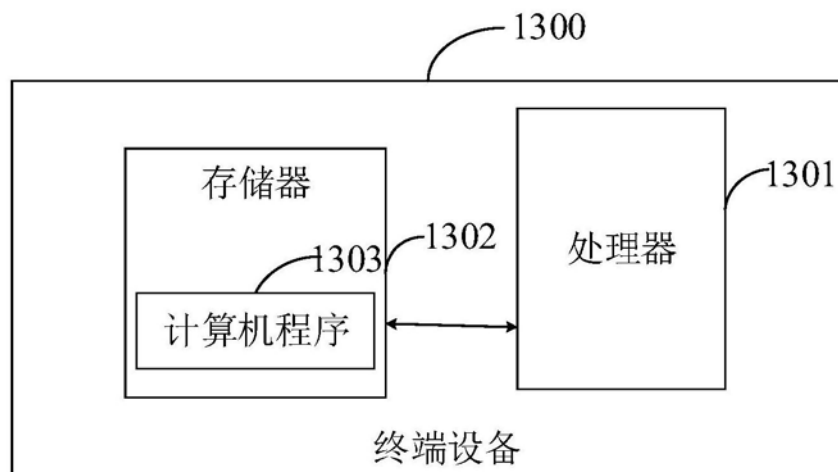


图16