



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110728083 B

(45) 授权公告日 2021.05.18

(21) 申请号 201910796830.2

(22) 申请日 2019.08.27

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110728083 A

(43) 申请公布日 2020.01.24

(73) 专利权人 西安电子科技大学
地址 710000 陕西省西安市雁塔区太白南路2号

(72) 发明人 柴常春 靳文轩 李贲 王平
张楠 白浩

(74) 专利代理机构 西安嘉思特知识产权代理事务所(普通合伙) 61230
代理人 张捷

(51) Int. Cl.
G06F 30/23 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 105183988 A, 2015.12.23

CN 106155416 A, 2016.11.23

CN 109346211 A, 2019.02.15

JP 6134419 B1, 2017.05.24

审查员 卢济敏

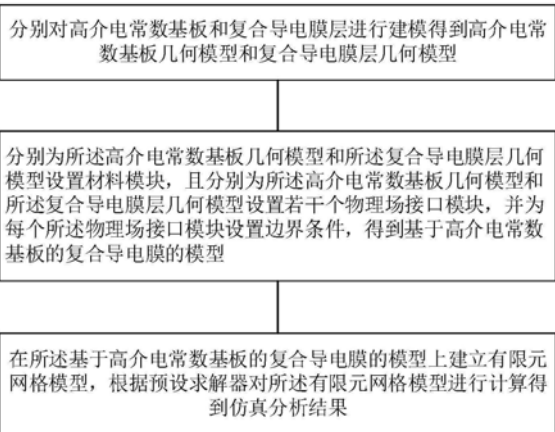
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

一种复合导电膜的仿真分析方法及其电子设备、存储介质

(57) 摘要

本发明公开了一种复合导电膜的仿真分析方法及其电子设备、存储介质,该方法包括对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块和若干物理场接口模块,并为每个物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜模型;在基于高介电常数基板的复合导电膜模型上建立有限元网格模型,对有限元网格模型进行计算得到仿真结果。本发明将高介电常数基板和复合导电膜层同步建模,考虑了高介电常数基板和复合导电膜层之间的相互作用,从而评估高介电常数基板上复合导电膜层脱落情况,仿真模型更加接近实际情况,仿真结果准确性高。



1. 一种复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,包括:

分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型;

分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置材料模块,且分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个所述物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型;

在所述基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,根据预设求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果;

其中,分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置材料模块,包括:

定义若干预设单一材料;

根据所述若干预设单一材料构建一预设结构的多层材料;

根据所述若干预设单一材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块;

根据所述预设结构的多层材料为所述复合导电膜层几何模型设置第二材料模块;

其中,所述若干个物理场接口模块包括电流多层壳接口模块、壳传热接口模块、多层壳接口模块、固体传热接口模块、固体力学接口模块和多物理场耦合接口模块;

为每个所述物理场接口模块设置边界条件,包括:

根据第一预设边界设置所述电流多层壳接口模块的边界条件;

根据第二预设边界设置所述壳传热接口模块的边界条件;

根据第三预设边界设置所述多层壳接口模块的边界条件;

根据第四预设边界设置所述固体传热接口模块的边界条件;

根据第五预设边界设置所述固体力学接口模块的边界条件;

根据第六预设边界设置所述多物理场耦合接口模块的边界条件。

2. 根据权利要求1所述的复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,包括:

根据所述高介电常数基板的内部结构和几何尺寸对高介电常数基板进行三维几何建模得到高介电常数基板几何模型;

在所述高介电常数基板几何模型上对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。

3. 根据权利要求1所述的复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,所述若干预设单一材料包括TD36材料、金、镍、铜和镍铬合金中的一种或多种,其中,金、镍和铜为内置材料,TD36材料和镍铬合金为自定义材料;所述预设结构的多层材料为五层结构,从下到上依次包括镍铬合金、金、铜、镍、金。

4. 根据权利要求3所述的复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,根据所述若干预设单一材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块,包括:

根据TD36材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块。

5. 根据权利要求1所述的复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,在所述基于高介电

常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,包括:

采用第一网格对复合导电膜建立网格;

采用第二网格对所述高介电常数基板建立网格,以得到所述有限元网格模型。

6. 根据权利要求1所述的复合导电膜的仿真分析方法,其特征在于,根据预设求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果,包括:

利用全耦合求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

7. 一种复合导电膜的仿真分析电子设备,其特征在于,所述电子设备包括处理器、通信接口、存储器和通信总线,其中,所述处理器、所述通信接口、所述存储器通过所述通信总线完成相互间的通信;

所述存储器,用于存放计算机程序;

所述处理器,用于执行所述存储器上存放的所述计算机程序时,实现权利要求1~6任一所述复合导电膜的仿真分析方法。

8. 一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质内存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1~6任一所述复合导电膜的仿真分析方法。

一种复合导电膜的仿真分析方法及其电子设备、存储介质

技术领域

[0001] 本发明属于星载微波半导体器件仿真计算技术领域,具体涉及一种复合导电膜的仿真分析方法及其电子设备、存储介质。

背景技术

[0002] 随着星载微波产品不断向着高密度、高集成方向发展,原有基于氧化铝陶瓷基板和HMIC技术的固放制造模式已经无法满足小型化、轻量化的需求,因此,迫切需要找到一种能显著提高大功率固放电路内匹配小型化水平的可靠途径。

[0003] 传统的仿真分析方法包括有限元分析方法(Finite Element Analysis,简称FEA),有限元分析方法一般只将复合导电膜层或高介电常数基板单独进行建模和仿真分析。介电常数在20以上的高介电常数基板,可以显著缩小电路外形尺寸和满足高密度排布线条,为满足微波固放产品高密度、高集成的目的,可以设计高介电常数基板来缩小电路体积和重量,在高介电常数基板上实现低频段、大功率的产品设计需求;设计复合导电膜层来解决功率负载问题,基于薄膜工艺的复合高电导率多层薄膜结构,可以解决电流耐受能力低、可靠性差等问题。复合导电膜层在通电后,会产生焦耳热,温度升高会引起复合导电膜和高介电常数基板的应力发生变化。

[0004] 传统的仿真分析方法没有将高介电常数基板和复合导电膜层进行同步建模,因此没有考虑到复合导电膜层底部和高介电常数基板的相互作用力,所以难以精确模拟在复合导电膜层通电后的物理场效应以及复合导电膜层相对于高介电常数基板的受力情况,因此仿真结果准确性并不高。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中存在的上述问题,本发明提供了一种复合导电膜的仿真分析方法及其电子设备、存储介质。

[0006] 本发明实施例提供了一种复合导电膜的仿真分析方法,该方法包括:

[0007] 分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型;

[0008] 分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置材料模块,且分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个所述物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型;

[0009] 在所述基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,根据预设求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0010] 在本发明的一个实施例中,分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,包括:

[0011] 根据所述高介电常数基板的内部结构和几何尺寸对高介电常数基板进行三维几

何建模得到高介电常数基板几何模型；

[0012] 在所述高介电常数基板几何模型上对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。

[0013] 在本发明的一个实施例中,分别为所述高介电常数基板几何模型和所述复合导电膜层几何模型设置材料模块,包括:

[0014] 定义若干预设单一材料;

[0015] 根据所述若干预设单一材料构建一预设结构的多层材料;

[0016] 根据所述若干预设单一材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块;

[0017] 根据所述预设结构的多层材料为所述复合导电膜层几何模型设置第二材料模块。

[0018] 在本发明的一个实施例中,所述若干预设单一材料包括TD36材料、金、镍、铜和镍铬合金中的一种或多种,其中,金、镍和铜为内置材料,TD36材料和镍铬合金为自定义材料;所述预设结构的多层材料为五层结构,从下到上依次包括镍铬合金、金、铜、镍、金。

[0019] 在本发明的一个实施例中,根据所述若干预设单一材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块,包括:

[0020] 根据TD36材料为所述高介电常数基板几何模型设置第一材料模块。

[0021] 在本发明的一个实施例中,所述若干个物理场接口模块包括电流多层壳接口模块、壳传热接口模块、多层壳接口模块、固体传热接口模块、固体力学接口模块和多物理场耦合接口模块;

[0022] 为每个所述物理场接口模块设置边界条件,包括:

[0023] 根据第一预设边界设置所述电流多层壳接口模块的边界条件;

[0024] 根据第二预设边界设置所述壳传热接口模块的边界条件;

[0025] 根据第三预设边界设置所述多层壳接口模块的边界条件;

[0026] 根据第四预设边界设置所述固体传热接口模块的边界条件;

[0027] 根据第五预设边界设置所述固体力学接口模块的边界条件;

[0028] 根据第六预设边界设置所述多物理场耦合接口模块的边界条件。

[0029] 在本发明的一个实施例中,在所述基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,包括:

[0030] 采用第一网格对复合导电膜建立网格;

[0031] 采用第二网格对所述高介电常数基板建立网格,以得到所述有限元网格模型。

[0032] 在本发明的一个实施例中,根据预设求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果,包括:

[0033] 利用全耦合求解器对所述有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0034] 本发明再一个实施例提供了一种图像条带噪声抑制电子设备,该电子设备包括处理器、通信接口、存储器和通信总线,其中,所述处理器、所述通信接口、所述存储器通过所述通信总线完成相互间的通信;

[0035] 所述存储器,用于存放计算机程序;

[0036] 所述处理器,用于执行所述存储器上存放的所述计算机程序时,实现上述任一所述的方法。

[0037] 本发明又一个实施例提供了一种计算机可读存储介质,该计算机可读存储介质内

存储有计算机程序,所述计算机程序被处理器执行时实现上述任一所述的方法。

[0038] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

[0039] 本发明将高介电常数基板和复合导电膜层进行同步建模仿真分析,考虑了高介电常数基板和复合导电膜层之间的相互作用,从而可以评估高介电常数基板上复合导电膜层脱落情况,仿真模型更加接近实际情况,仿真结果准确性高。

[0040] 以下将结合附图及实施例对本发明做进一步详细说明。

附图说明

[0041] 图1为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法的流程示意图;

[0042] 图2为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板和复合导电膜层的三维示意图;

[0043] 图3为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合膜层材料堆叠顺序示意图;

[0044] 图4为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中有限元网格模型的示意图;

[0045] 图5为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层电势分布示意图;

[0046] 图6为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板的温度分布示意图;

[0047] 图7为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的温度分布示意图;

[0048] 图8为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的不同膜层的温度分布示意图;

[0049] 图9为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板的应力分布示意图;

[0050] 图10为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的应力分布示意图;

[0051] 图11为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的不同膜层的应力分布示意图;

[0052] 图12为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层全厚度的应力大小示意图;

[0053] 图13为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板和复合导电膜层之间界面应力分布示意图;

[0054] 图14为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析电子设备的示意图;

[0055] 图15为本发明实施例提供的一种计算机存储介质的结构示意图。

具体实施方式

[0056] 下面结合具体实施例对本发明做进一步详细的描述,但本发明的实施方式不限于此。

[0057] 实施例一

[0058] 请参见图1,图1是本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法的流程示意图。本发明实施例提供了一种复合导电膜的仿真分析方法,该方法包括如下步骤:

[0059] 步骤1、分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型;

[0060] 步骤2、分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块,且分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型;

[0061] 步骤3、在基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,根据预设求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0062] 具体而言,本实施例通过同步建立高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,具体地,采用COMSOL软件同步建立高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,并分别为这两个模型设置材料模块和若干个物理场接口模块,每个物理场接口模块均设置有边界条件,以得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型,对这样基于高介电常数基板的复合导电膜的模型进行网格划分,计算得到仿真分析结果。

[0063] 本实施例将高介电常数基板和复合导电膜层进行同步建模仿真分析,考虑了高介电常数基板和复合导电膜层之间的相互作用,从而可以评估高介电常数基板上复合导电膜层脱落情况,仿真模型更加接近实际情况,仿真结果准确性高。

[0064] 进一步地,本实施例步骤1分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型。

[0065] 具体而言,请参见图2,图2为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板和复合导电膜层的三维示意图,本实施例采用COMSOL软件建立高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型,且步骤1具体包括步骤1.1、步骤1.2:

[0066] 步骤1.1、根据高介电常数基板的内部结构和几何尺寸对高介电常数基板进行三维几何建模得到高介电常数基板几何模型。

[0067] 具体而言,本实施例首先确定高介电常数基板的内部结构和几何尺寸,然后根据高介电常数基板的内部结构和几何尺寸采用COMSOL软件中的模型开发器窗口的几何节点为高介电常数基板进行三维几何建模,得到高介电常数基板几何模型。

[0068] 步骤1.2、在高介电常数基板几何模型上对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。

[0069] 具体而言,本实施例在上述步骤1.1建立的高介电常数基板几何模型的基础上,采用COMSOL软件中的模型开发器窗口的几何节点下的工作平面节点对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。可见,本实施例复合导电膜层建立在高介电常数基板上,实现高介电常数基板和复合导电膜层的同步建模。

[0070] 进一步地,本实施例步骤2分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块,且分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型。

[0071] 具体而言,本实施例在步骤1构建的高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几

何模型上设置相关材料参数、接口参数,通过考虑了高介电常数基板和复合导电膜层之间的相互作用,从而建立高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型的联系,步骤2具体包括步骤2.1和步骤2.2:

[0072] 步骤2.1、分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块。

[0073] 具体而言,本实施例在对高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型分别设置材料模块前,首先采用COMSOL软件,在全局定义节点下的材料节点中定义高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型所需要用到若干预设单一材料,具体地,本实施例若干预设单一材料包括TD36材料、金、镍、铜和镍铬合金,其中,金、镍和铜为COMSOL软件中内置材料,即在COMSOL软件中预先定义的材料,包括材料的热容、热导率、电导率等属性,TD36材料和镍铬合金为自定义材料,即TD36材料和镍铬合金的比如热容、热导率、电导率等属性是根据本实施例设计需要来定义的。本实施例材料模块具体包括第一材料模块、第二材料模块,则步骤2.1具体包括步骤2.1.1、步骤2.1.2:

[0074] 步骤2.1.1、根据若干预设单一材料为高介电常数基板几何模型设置第一材料模块。

[0075] 具体而言,本实施例选择若干预设单一材料中的TD36材料作为高介电常数基板几何模型的材料,进行第一材料模块设置,并采用COMSOL软件中的材料链接节点将该第一材料模块链接至全局材料中预先定义的TD36材料,材料链接节点下的几何实体选择节点选择高介电常数基板所在域。具体地,TD36材料的参数如表1所示。

[0076] 表1TD36材料的参数

[0077]	基板材料	TD36
	相对介电常数	36.5±2
	密度(g/cm ³)	5.23
	热导率(W/m*K)	2.1
	热膨胀系数(ppm/°C)	8.73
	抗折强度(MPa)	220
	基板厚度(mm)	0.635、0.381、0.254

[0078] 步骤2.1.2、根据预设结构的多层材料为复合导电膜层几何模型设置第二材料模块。

[0079] 具体而言,请参见图3,图3为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合膜层材料堆叠顺序示意图。本实施例采用分层理论设计复合导电膜层几何模型,使用分层材料节点对多个堆叠的导电膜层进行建模,其中,复合导电膜层几何模型的每一层具有不同的材料属性、不同的厚度,具体地,预设结构的多层材料为五层结构,从下到上依次包括:第一层:镍铬合金:厚度:0.05[μm];第二层:金:厚度:2~3[μm];第三层:铜:厚度:3~5[μm];第四层:镍:厚度:1~2[μm];第五层:金:厚度:2~3[μm],将该预设结构的多层材料作为复合导电膜层几何模型的材料,进行第二材料模块设置,并采用COMSOL软件中的材料链接节点将第二材料模块链接至全局材料中预先定义的预设结构的多层材料,具体定义为NiCr-Au-Cu-Ni-Au,边界选择节点处选择复合导电膜层所在的边界。

[0080] 需要说明的是,本实施例的复合导电膜层几何模型可以使用基于分层理论的分层

壳接口设计,也可以使用Shell接口中基于等效单层理论的分层线性弹性材料节点设计。

[0081] 步骤2.2、分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型。

[0082] 具体而言,本实施例设置的若干个物理场接口模块包括电流多层壳接口模块、壳传热接口模块、多层壳接口模块、固体传热接口模块、固体力学接口模块和多物理场耦合接口模块。其中,步骤2.2中为每个物理场接口模块设置边界条件具体包括步骤2.2.1、步骤2.2.2、步骤2.2.3、步骤2.2.4、步骤2.2.5、步骤2.2.6:

[0083] 步骤2.2.1、根据第一预设边界设置电流多层壳接口模块的边界条件。

[0084] 具体而言,本实施例根据第一预设边界设置电流多层壳接口模块的边界条件,具体地,在COMSOL软件中的电流多层壳接口模块的边界节点下设置第一预设边界,第一预设边界具体设置为:

[0085] a)、边界选择:复合导电膜层所在的边界;

[0086] b)、层选择:多层材料:NiCr-Au-Cu-Ni-Au;

[0087] c)、多层壳1:边界选择:复合导电膜层所在的边界;

[0088] d)、终端:电流:6A;

[0089] e)、接地。

[0090] 步骤2.2.2、根据第二预设边界设置壳传热接口模块的边界条件。

[0091] 具体而言,本实施例根据第二预设边界设置壳传热接口模块的边界条件,具体地,在COMSOL软件中的壳传热接口模块的边界节点下设置第二预设边界,第二预设边界具体设置为:

[0092] a)、边界选择:复合导电膜层所在的边界;

[0093] b)、层选择:多层材料:NiCr-Au-Cu-Ni-Au;

[0094] c)、初始值:温度:T:293.15[K]

[0095] d)、热通量,接口:对流热通量: $5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$;边界选择:复合导电膜层所在的边界。

[0096] 步骤2.2.3、根据第三预设边界设置多层壳接口模块的边界条件。

[0097] 具体而言,本实施例根据第三预设边界设置多层壳接口模块的边界条件,具体地,在COMSOL软件中的多层壳接口模块的边界节点下设置第三预设边界,第三预设边界具体设置为:

[0098] a)、边界选择:复合导电膜层所在的边界;

[0099] b)、层选择:多层材料:NiCr-Au-Cu-Ni-Au;

[0100] c)、指定位移,接口1。

[0101] 进一步地,本实施例在步骤3.3对多层壳接口模块中“指定位移,接口1”的具体设置为:

[0102] a)、边界选择:复合导电膜层所在的边界;

[0103] b)、接口选择:层:NiCr-Au-Cu-Ni-Au;在选择节点只勾选NiCr down;在坐标系选择节点下选择全局坐标系;在指定位移节点下分别勾选“在x方向指定”、“在y方向指定”、“在z方向指定”,并设置“ $U_{ox}:u$ ”、“ $U_{oy}:v$ ”、“ $U_{oz}:w$ ”。

[0104] 本实施例由于复合导电膜层与高介电常数基板之间的力学特性是连续性变化的,

所以在建模时需要将复合导电膜层与高介电常数基板两者关联起来。本实施例采取的方法是：将复合导电膜层与高介电常数基板两者的因变量统一，从而实现复合导电膜层与高介电常数基板的连接。具体方法为：在多层壳接口模块的设置窗口展开因变量节点，将位移场节点修改为与固体力学接口模块的因变量节点的名称相同。

[0105] 同时，本实施例因为基于高介电常数基板的复合导电膜的模型是多层壳，虽然只绘制了一个面，但是厚度中包含多层不同材料不同厚度的性能，所以还需要通过使用“指定位移，接口1”的方式将复合导电膜层的底面与高介电常数基板进行来联系。

[0106] 步骤2.2.4、根据第四预设边界设置固体传热接口模块的边界条件。

[0107] 具体而言，本实施例根据第四预设边界设置固体传热接口模块的边界条件，具体地，在COMSOL软件中的固体传热接口模块的边界节点下设置第四预设边界，第四预设边界具体设置为：

[0108] a)、域选择：所有域；

[0109] b)、固体：所有域；

[0110] c)、初始值： $T_2: 293.15 [K]$ ；

[0111] d)、热通量：对流热通量；边界选择：除去复合导电膜层外的所有边界；

[0112] e)、温度1：包括边界选择和温度变量的定义；

[0113] f)、温度2：设置 $T_0: 313.15 [K]$ ；边界选择：高介电常数基板底部边界。

[0114] 进一步地，本实施例在步骤3.4对固体传热接口模块中“温度1”的具体设置为：

[0115] a)、边界选择：复合导电膜层所在的边界；

[0116] b)、温度：选择壳传热接口模块中的因变量。

[0117] 步骤2.2.5、根据第五预设边界设置固体力学接口模块的边界条件。

[0118] 具体而言，本实施例根据第五预设边界设置固体力学接口模块的边界条件，具体地，在COMSOL软件中的固体力学接口模块的边界节点下设置第五预设边界，第五预设边界具体设置为：

[0119] a)、域选择：所有域；

[0120] b)、线弹性材料1：所有域；

[0121] c)、自由：所有边界

[0122] d)、初始值：所有域

[0123] e)、固定约束：高介电常数基板底部边界。

[0124] 步骤2.2.6、根据第六预设边界设置多物理场耦合接口模块的边界条件。

[0125] 具体而言，本实施例根据第六预设边界设置多物理场耦合接口模块的边界条件，具体地，在COMSOL软件中的多物理场耦合接口模块的边界节点下设置第六预设边界，第六预设边界具体设置为：

[0126] a)、电磁热、多层壳：“电流多层壳接口模块”和“壳传热接口模块”；

[0127] b)、热膨胀、多层壳：“固体传热接口模块”和“多层壳接口模块”；

[0128] c)、热膨胀：“固体传热接口模块”和“固体力学接口模块”；

[0129] d)、温度耦合1：“壳传热接口模块”和“多层壳接口模块”；

[0130] e)、温度耦合2：“固体传热接口模块”和“固体力学接口模块”。

[0131] 本实施例使用多物理场耦合接口，通过“电磁热、多层壳”、“热膨胀、多层壳”、“热

膨胀”和“温度耦合”将各个物理场接口模块之间进行耦合,从而实现电场、热场和应力场的耦合。

[0132] 进一步地,本实施例步骤3在基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,根据预设求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0133] 具体而言,请参见图4,图4为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中有限元网格模型的示意图,本实施例步骤3具体包括步骤3.1、步骤3.2:

[0134] 步骤3.1、在基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型。

[0135] 具体而言,本实施例分别对高介电常数基板和复合导电膜进行有限元网格分割和边界条件设置,则步骤3.1具体包括步骤3.1.1、步骤3.1.2:

[0136] 步骤3.1.1、采用第一网格对复合导电膜建立网格。

[0137] 具体而言,本实施例采用COMSOL软件中网格节点下的自由三角网格对复合导电膜建立网格,具体地,自由三角网格:包括复合膜层所在界面;大小选择定制,最大单元大小=1mm。其中,第一网格为COMSOL软件中网格节点下的自由三角网格。

[0138] 步骤3.1.2、采用第二网格对高介电常数基板建立网格,以得到有限元网格模型。

[0139] 具体而言,本实施例采用COMSOL软件中网格节点下的自由四面体网格对高介电常数基板建立网格,具体地,自由四面体网格:选择所有域;大小为细化。其中,第二网格为COMSOL软件中网格节点下的自由四面体网格。

[0140] 步骤3.2、根据预设求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0141] 具体而言,本实施例利用全耦合求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0142] 综上所述,本实施例综合考虑了高介电常数基板和复合导电膜层在多物理场耦合下内部和表面的电场、热场和应力场的分布情况,通过将三种物理场一起耦合仿真分析,获得了实际测量不可能或不方便获取的数据,通过获取的数据进行仿真计算,从而节省了实际测量评估时的人力、财力和物力;本实施例对高介电常数基板和复合导电膜层进行同步建模仿真分析,考虑了高介电常数基板和复合导电膜层之间的相互作用,从而可以评估高介电常数基板上复合导电膜层脱落情况,仿真模型更加接近实际情况,仿真结果准确性高。

[0143] 请参见图5,图5为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层电势分布示意图。由于焦耳热会导致复合导电膜层有电损耗,因此将其作为复合导电膜层发热的来源。本实施例在复合导电膜层通入6A电流,通过图5可以评估复合导电膜层通入6A电流的电场特性,从而实现基于高介电常数基板的复合导电膜层模型,提高仿真仿真结果准确性。

[0144] 请参见图6、图7、图8,图6为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板的温度分布示意图,图7为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的温度分布示意图,图8为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的不同膜层的温度分布示意图。高介电常数基板的理论热导率与普通氧化铝基板相比较更低,则高介电常数基板由于其构成成分造成其热传递能力较差。因此,在组装环节,尤其是焊接和键合环节,必须考虑热传导是否及时,从而避免因为热的积累造成高介电常数基板、复合导电膜层的烧毁或失效。本实施例通过图6、图7、图8可以评估高介电常数基板、复合导电膜层,以及高介电常数基板和复合导电膜层之间界面的

温度,从而实现基于高介电常数基板的复合导电膜层模型,提高仿真仿真结果准确性。

[0145] 请参见图9、图10、图11和图12,图9为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板的应力分布示意图,图10为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的应力分布示意图,图11为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层的不同膜层的应力分布示意图,图12为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中复合导电膜层全厚度的应力大小示意图。由于高介电常数基板材料、复合导电膜层材料的热膨胀系数不同引起热应力,同时温度的升高也会引起热应力,从而导致在复合导电膜层和高介电常数基板中出现机械应力和变形。本实施例通过图9、图10、图11、图12可以评估高介电常数基板、复合导电膜层,以及高介电常数基板和复合导电膜层之间界面的热应力,从而实现基于高介电常数基板的复合导电膜层模型,提高仿真仿真结果准确性。

[0146] 请参见图13,图13为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析方法中高介电常数基板和复合导电膜层之间界面应力分布示意图。由于在建模过程中除了考虑高介电常数基板和复合导电膜层的应力分布外,还必须考虑复合导电膜层和高介电常数基板之间界面上的应力,如果该复合导电膜层和高介电常数基板之间界面上的应力大于材料的屈服应力,则复合导电膜层和高介电常数基板将发生分离。本实施例通过图13可以评估高介电常数基板上复合导电膜层脱落情况,从而实现基于高介电常数基板的复合导电膜层模型,提高仿真仿真结果准确性。

[0147] 实施例二

[0148] 在上述实施例一的基础上,请参见图14,图14为本发明实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析电子设备结构示意图。本实施例提供了一种复合导电膜的仿真分析电子设备,该电子设备包括处理器、通信接口、存储器和通信总线,其中,处理器、通信接口、存储器通过通信总线完成相互间的通信;

[0149] 存储器,用于存放计算机程序;

[0150] 处理器,用于执行存储器上所存放的计算机程序时,该计算机程序被处理器执行时实现以下步骤:

[0151] 步骤1、分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型。

[0152] 具体而言,本实施例包括根据高介电常数基板的内部结构和几何尺寸对高介电常数基板进行三维几何建模得到高介电常数基板几何模型;在高介电常数基板几何模型上对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。

[0153] 步骤2、分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块,且分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块,并为每个物理场接口模块设置边界条件,得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型。

[0154] 具体而言,本实施例包括定义若干预设单一材料;根据若干预设单一材料构建一预设结构的多层材料;根据若干预设单一材料为高介电常数基板几何模型设置第一材料模块;根据预设结构的多层材料为复合导电膜层几何模型设置第二材料模块;所述若干预设单一材料包括TD36材料、金、镍、铜和镍铬合金,其中,金、镍和铜为内置材料,TD36材料和镍铬合金为自定义材料;预设结构的多层材料为五层结构,从下到上依次包括镍铬合金、金、

铜、镍、金；根据TD36材料为高介电常数基板几何模型设置第一材料模块；

[0155] 本实施例包括设置的若干个物理场接口模块包括电流多层壳接口模块、壳传热接口模块、多层壳接口模块、固体传热接口模块、固体力学接口模块和多物理场耦合接口模块；为每个所述物理场接口模块设置边界条件，包括：根据第一预设边界设置电流多层壳接口模块的边界条件；根据第二预设边界设置壳传热接口模块的边界条件；根据第三预设边界设置多层壳接口模块的边界条件；根据第四预设边界设置固体传热接口模块的边界条件；根据第五预设边界设置固体力学接口模块的边界条件；根据第六预设边界设置多物理场耦合接口模块的边界条件。

[0156] 步骤3、在基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型，根据预设求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0157] 具体而言，本实施例包括采用第一网格对复合导电膜建立网格；采用第二网格对高介电常数基板建立网格，以得到有限元网格模型；利用全耦合求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0158] 本实施例提供的一种复合导电膜的仿真分析电子设备，可以执行上述方法实施例，其实现原理和技术效果类似，在此不再赘述。

[0159] 实施例三

[0160] 在上述实施例二的基础上，请参见图15，图15为本发明实施例提供的一种计算机可读存储介质的结构示意图。本实施例提供的一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，上述计算机程序被处理器执行时实现以下步骤：

[0161] 步骤1、分别对高介电常数基板和复合导电膜层进行建模得到高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型。

[0162] 具体而言，本实施例包括根据高介电常数基板的内部结构和几何尺寸对高介电常数基板进行三维几何建模得到高介电常数基板几何模型；在高介电常数基板几何模型上对复合导电膜层进行二维几何建模得到复合导电膜层的几何模型。

[0163] 步骤2、分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置材料模块，且分别为高介电常数基板几何模型和复合导电膜层几何模型设置若干个物理场接口模块，并为每个物理场接口模块设置边界条件，得到基于高介电常数基板的复合导电膜的模型。

[0164] 具体而言，本实施例包括定义若干预设单一材料；根据若干预设单一材料构建一预设结构的多层材料；根据若干预设单一材料为高介电常数基板几何模型设置第一材料模块；根据预设结构的多层材料为复合导电膜层几何模型设置第二材料模块；所述若干预设单一材料包括TD36材料、金、镍、铜和镍铬合金，其中，金、镍和铜为内置材料，TD36材料和镍铬合金为自定义材料；预设结构的多层材料为五层结构，从下到上依次包括镍铬合金、金、铜、镍、金；根据TD36材料为高介电常数基板几何模型设置第一材料模块；

[0165] 本实施例包括设置的若干个物理场接口模块包括电流多层壳接口模块、壳传热接口模块、多层壳接口模块、固体传热接口模块、固体力学接口模块和多物理场耦合接口模块；为每个所述物理场接口模块设置边界条件，包括：根据第一预设边界设置电流多层壳接口模块的边界条件；根据第二预设边界设置壳传热接口模块的边界条件；根据第三预设边界设置多层壳接口模块的边界条件；根据第四预设边界设置固体传热接口模块的边界条件；根据第五预设边界设置固体力学接口模块的边界条件；根据第六预设边界设置多物理

场耦合接口模块的边界条件。

[0166] 步骤3、在基于高介电常数基板的复合导电膜的模型上建立有限元网格模型,根据预设求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0167] 具体而言,本实施例包括采用第一网格对复合导电膜建立网格;采用第二网格对高介电常数基板建立网格,以得到有限元网格模型;利用全耦合求解器对有限元网格模型进行计算得到仿真分析结果。

[0168] 本实施例提供了一种计算机可读存储介质,可以执行上述方法实施例和上述电子设备实施例,其实现原理和技术效果类似,在此不再赘述。

[0169] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

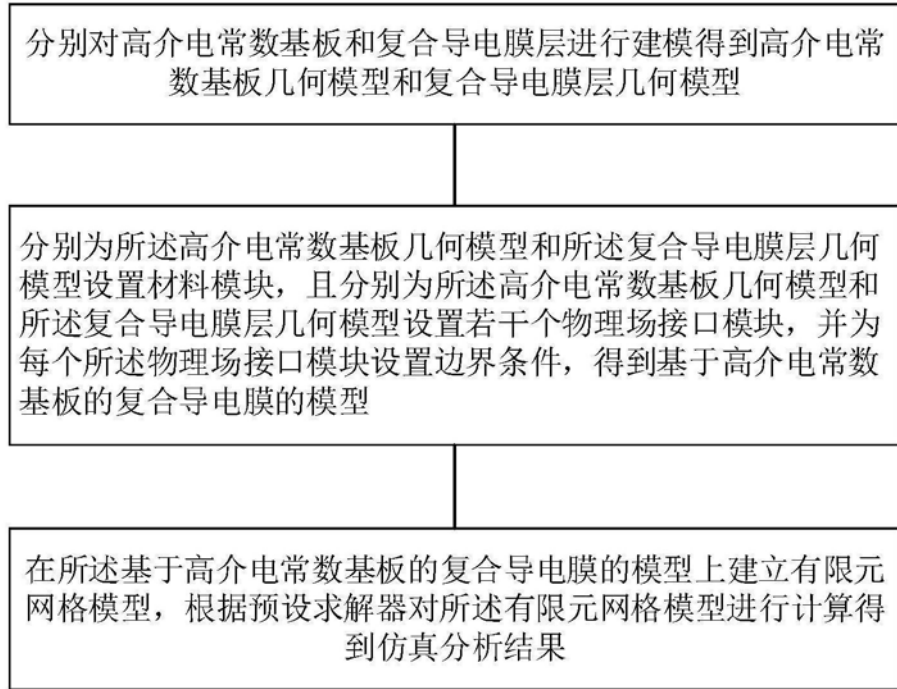


图1

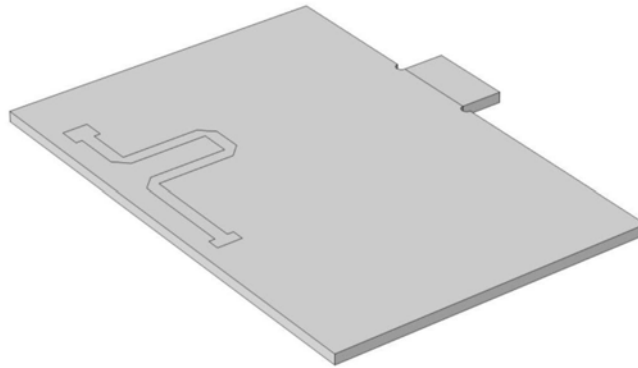


图2



图3

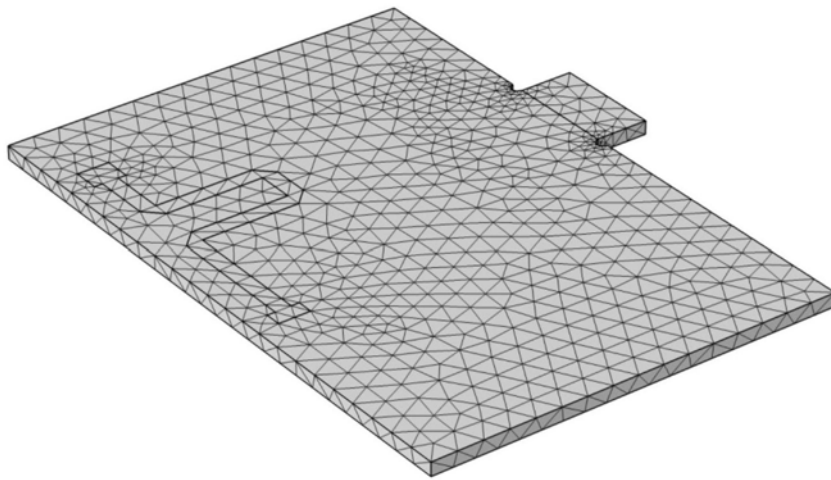


图4

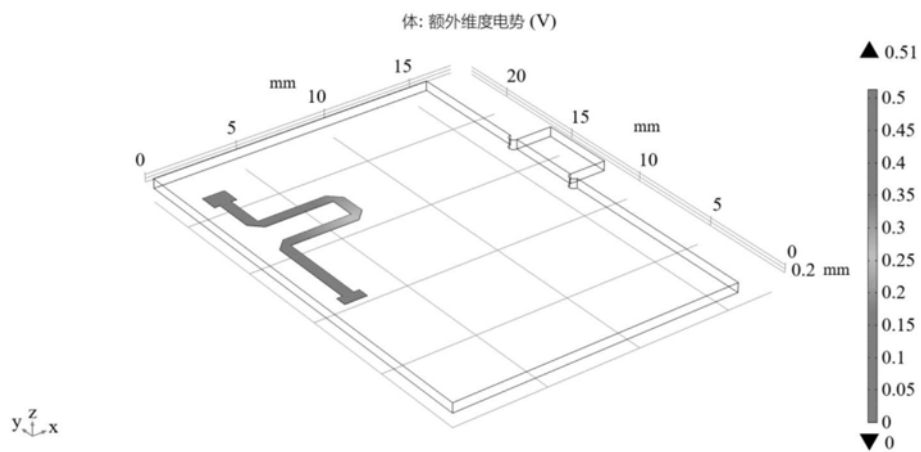


图5

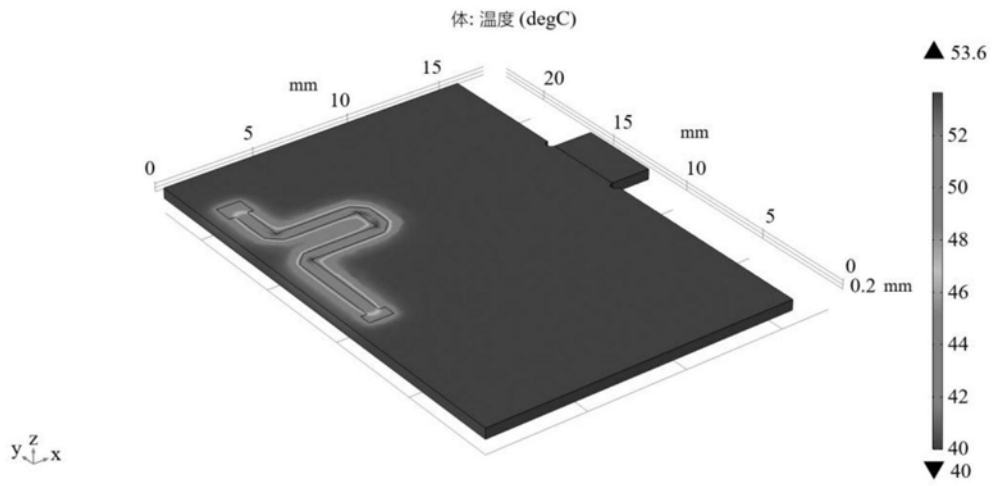


图6

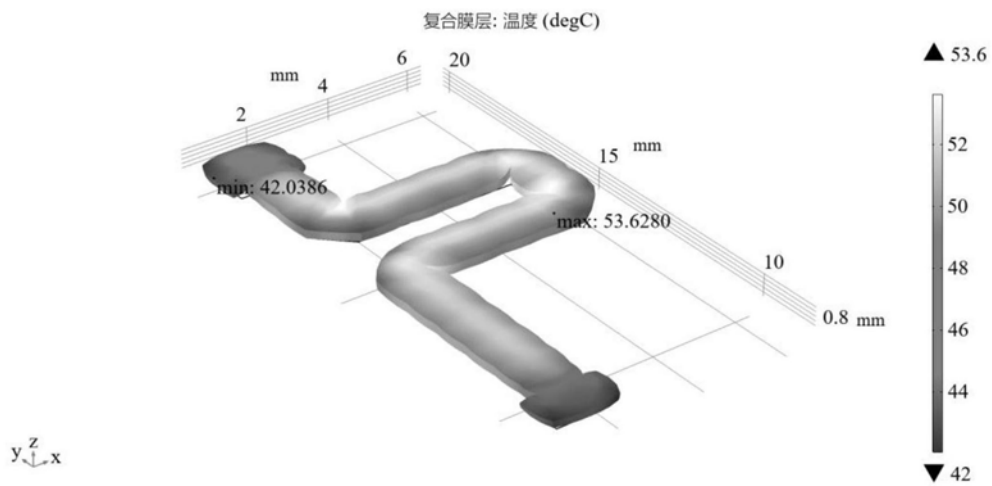


图7

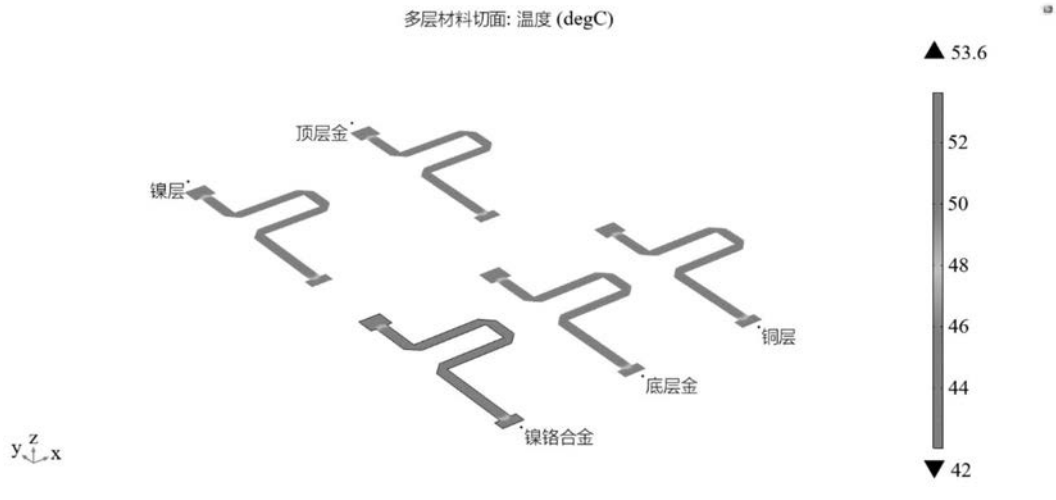


图8

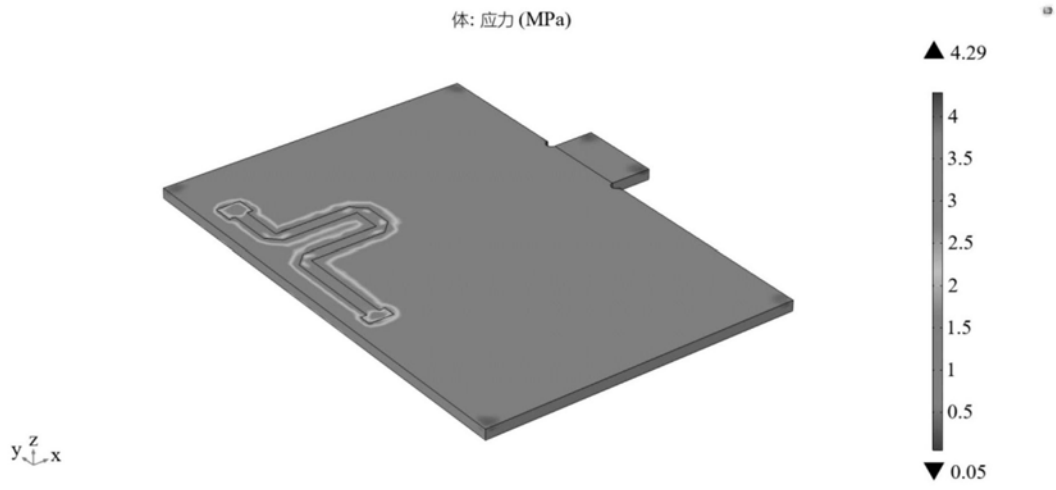


图9

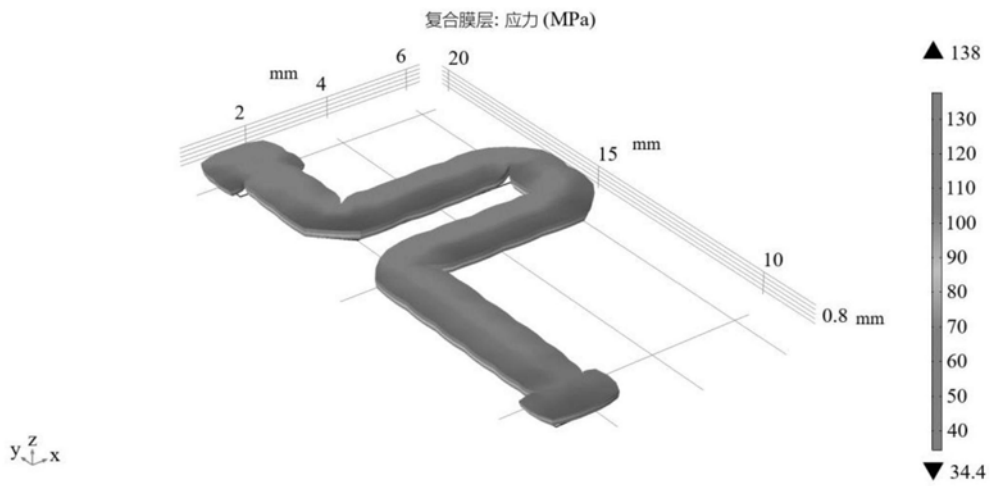


图10

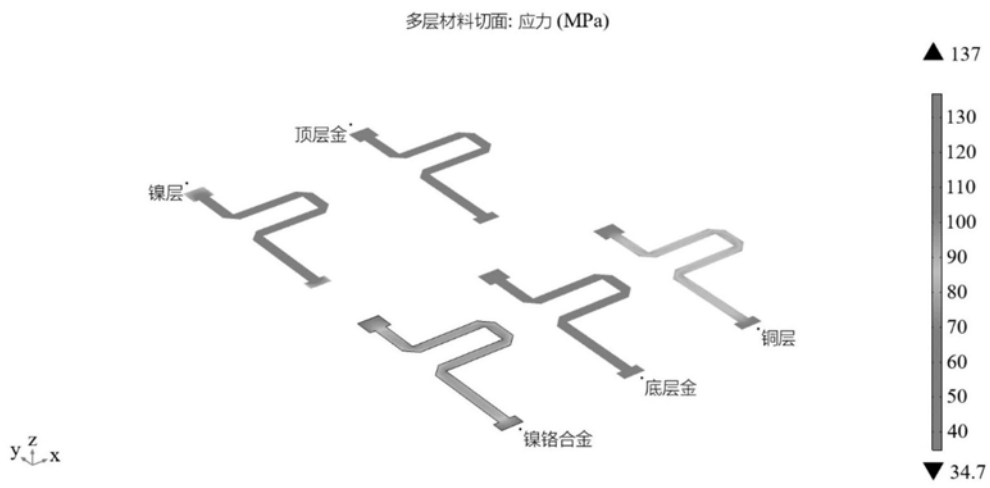


图11

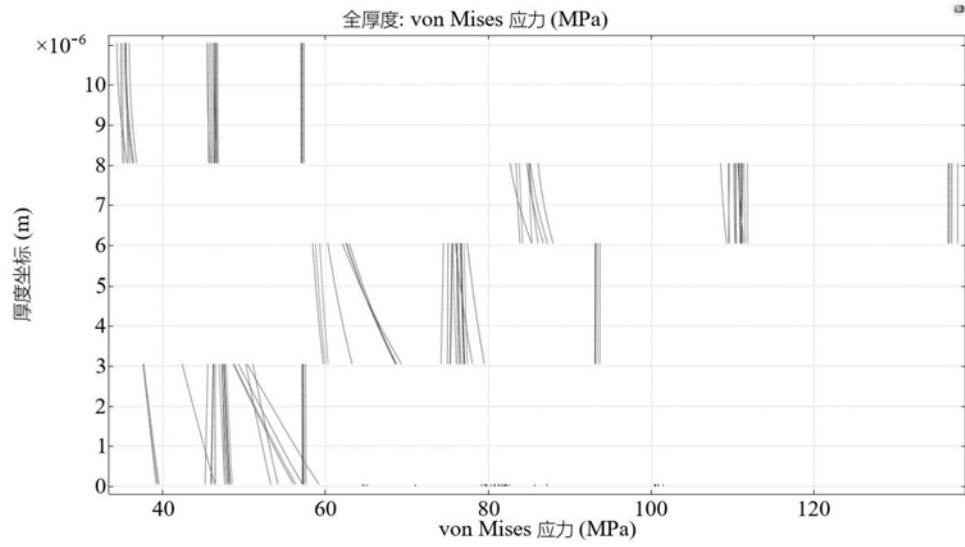


图12

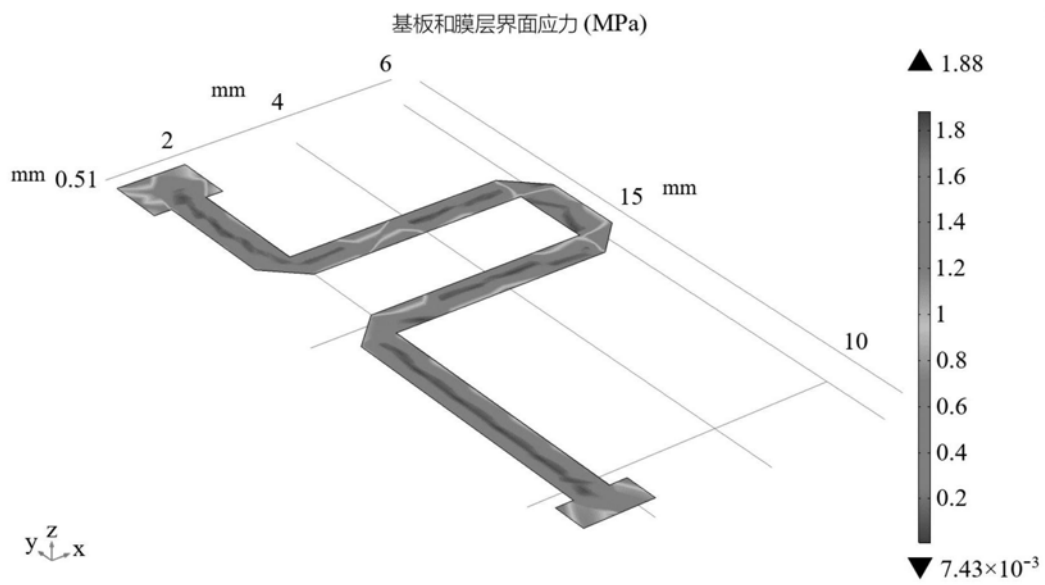


图13

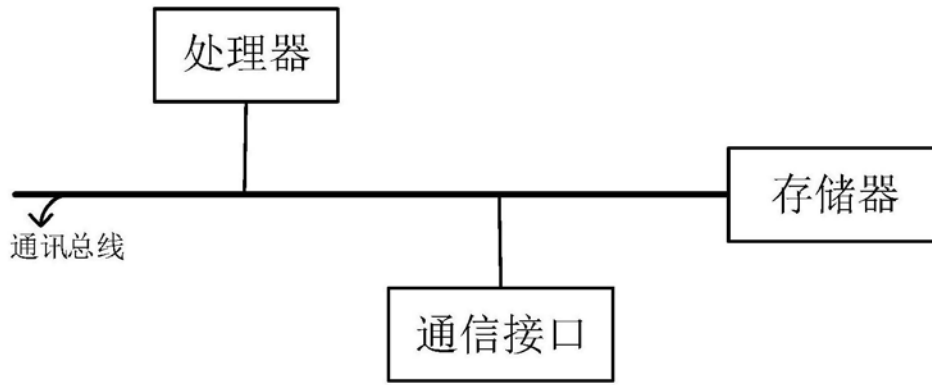


图14

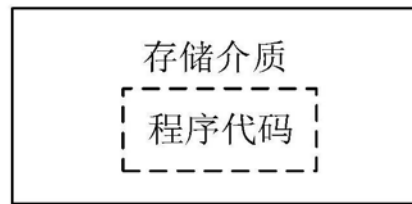


图15