



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113049883 A

(43) 申请公布日 2021.06.29

(21) 申请号 202110275905.X

(22) 申请日 2021.03.15

(71) 申请人 电子科技大学

地址 611731 四川省成都市高新区(西区)
西源大道2006号

(72) 发明人 高冲 戴丽妍 李恩 高勇
张云鹏 龙嘉威

(74) 专利代理机构 成都点睛专利代理事务所
(普通合伙) 51232

代理人 葛启函

(51) Int. Cl.

G01R 27/26 (2006.01)

G01R 1/04 (2006.01)

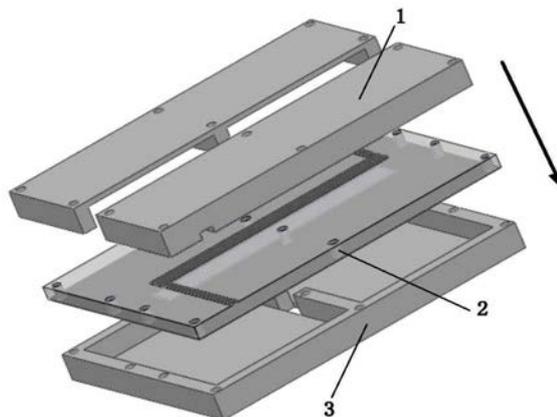
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置

(57) 摘要

一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,包括数据接收分析模块和测试模块,测试模块包括谐振层以及用于固定谐振层的第一固定层和第二固定层;谐振层中令耦合微带线结构的两端开路形成谐振,第一固定层表面设置与耦合微带线结构平行的缝隙,待测材料从缝隙中水平放入耦合微带线结构两条平行金属导体带之间的测试通道,第一微带线结构和第二微带线结构与数据接收分析模块连接,分别用于激励和接收耦合微带线结构中的电磁波信号,数据接收分析模块用于获取耦合微带线结构的谐振频率,从而计算出待测材料的介电常数测试结果。本发明可以实现对单纤维的直接测试,且体积小、结构简单,能够降低加工成本。



1. 一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,包括数据接收分析模块和测试模块;所述测试模块包括谐振层以及分别设置在所述谐振层上表面一侧和下表面一侧的第一固定层和第二固定层,通过所述第一固定层和第二固定层将所述谐振层进行固定;

所述谐振层包括耦合微带线结构、第一微带线结构和第二微带线结构,所述耦合微带线结构包括介质基板和设置在介质基板上表面的两条平行金属导体带,令所述耦合微带线结构的两端开路形成谐振;所述第一固定层表面设置与所述耦合微带线结构平行的缝隙,使得测试时待测材料从缝隙中水平放入所述测试模块内;

所述第一微带线结构的第一连接端设置第一SMA转接头;所述第二微带线结构的第一连接端设置第二SMA转接头;在所述第一固定层设置两个SMA接头孔分别将所述第一SMA转接头和第二SMA转接头引出后分别与所述数据接收分析模块的输出端和输入端连接,令所述数据接收分析模块的输出端输出电磁波信号并通过所述第一SMA转接头连接至所述第一微带线结构的第一连接端,所述第一微带线结构的第二连接端输出的电磁波信号通过电场耦合的方式激励起所述耦合微带线结构内部的场,在所述耦合微带线结构内产生电磁波信号并传递至所述第二微带线结构的第二连接端,利用所述第二SMA转接头将电磁波信号从所述第二微带线结构的第一连接端输出给所述数据接收分析模块,所述数据接收分析模块根据获取的电磁波信号分析得出所述耦合微带线结构的谐振频率,并根据所述耦合微带线结构的谐振频率与待测材料的介电常数之间的关系得出待测材料的介电常数测试结果。

2. 根据权利要求1所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述谐振层包括一层介质基板,在介质基板下表面设置接地板,在介质基板上表面设置两条平行的第一金属导体带,在所述两条第一金属导体带下方的接地板进行挖槽,所述两条第一金属导体带和其所在区域下方的介质基板构成所述耦合微带线结构;在介质基板上表面且位于所述两条第一金属导体带延伸方向的两端分别设置第二金属导体带和第三金属导体带,所述第二金属导体带和第三金属导体带关于所述谐振层的中心呈中心对称分布,所述第二金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成所述第一微带线结构,所述第三金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成所述第二微带线结构。

3. 根据权利要求1或2所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述第一固定层包括两个第一金属板,两个所述第一金属板靠近放置并留有与所述耦合微带线结构平行的缝隙。

4. 根据权利要求3所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述第一金属板下表面设置金属突起结构,所述金属突起结构设置在第一微带线结构和第二微带线结构之间。

5. 根据权利要求1或4所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述数据接收分析模块包括矢量网络分析仪和计算机,所述矢量网络分析仪用于输出电磁波信号并传递至所述第一SMA转接头,所述矢量网络分析仪还用于接收从所述第二SMA转接头输出的电磁波信号并传递给所述计算机进行分析。

6. 根据权利要求1或2所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述介质基板采用罗杰斯基板R04350,厚度为0.254mm;所述第一金属导体的导带宽度为0.1mm,两条平行的所述第一金属导体中间的缝隙宽度0.1mm;所述第二金属导体带和第

三金属导体带的导带宽度为0.55mm。

7. 根据权利要求6所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述在所述两条第一金属导体带下方的接地板进行挖槽的槽宽度大于0.3mm且小于1mm。

8. 根据权利要求1所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,所述第一固定层和第二固定层内壁涂覆有吸波材料。

9. 根据权利要求1所述的基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,其特征在于,分别在所述第一固定层、第二固定层和谐振层上的对应位置设置定位孔,将连接结构依次通过所述第一固定层、谐振层和第二固定层对应位置的定位孔,从而将所述第一固定层、谐振层和第二固定层进行固定;所述连接结构为螺丝。

一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置

技术领域

[0001] 本发明属于微波、毫米波材料电磁参数测试技术领域,涉及一种基于耦合微带线的单纤维材料的介电常数测试装置。

背景技术

[0002] 纤维材料是天然或人工合成的一类细丝状物质,广泛应用于航空航天、武器装备、卫星、雷达、5G通信等重要领域,是透波、隐身、屏蔽、高频基板等功能性复合材料制备的关键基础材料。纤维的介电性能对复合材料的制备是非常重要的基础参数。

[0003] 关于纤维材料介电常数的测试可分为间接和直接测试两大方面,其中,间接测试是通过测试材料整体的等效介电常数,进而反算出单纤维的复介电常数。测试材料往往是将纤维制备成复合材料或薄膜,或者将纤维与石蜡等材料进行混合,或将多根纤维捆扎成束。目前,整体纤维材料介电常数测试方法主要有波导法、自由空间法、分离谐振腔法以及准光腔法等,每一种方法都有各自的优缺点,但最突出的问题在于目前这些方法均用于纤维介电常数的间接测试,虽然可以通过混合法则等理论反算得出单纤维的介电常数,但其准确度和可靠性较低。

[0004] 根据已查阅的相关文献资料,关于单纤维直接测试的研究非常少,最主要的原因在于:纤维尺寸远小于测试频率对应的波长。另外,现有可查的相关测试方法和装置,也不能实现对单根纤维的直接测试。

发明内容

[0005] 针对现有纤维材料介电常数的测试方法中存在的准确度和可靠性问题,以及无法直接对单根纤维进行测试的不足之处,本发明提出了一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,能够直接获取碳纤维等高损耗纤维材料的单纤维介电常数,解决单纤维介电性能无确测试的问题,本发明提出的测试装置具有精度高、体积小、结构简单、加工成本低的优点。

[0006] 本发明的技术方案为:

[0007] 一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置,包括数据接收分析模块和测试模块;所述测试模块包括谐振层以及分别设置在所述谐振层上表面一侧和下表面一侧的第一固定层和第二固定层,通过所述第一固定层和第二固定层将所述谐振层进行固定;

[0008] 所述谐振层包括耦合微带线结构、第一微带线结构和第二微带线结构,所述耦合微带线结构包括介质基板和设置在介质基板上表面的两条平行金属导体带,令所述耦合微带线结构的两端开路形成谐振;所述第一固定层表面设置与所述耦合微带线结构平行的缝隙,使得测试时待测材料从缝隙中水平放入所述测试模块内;

[0009] 所述第一微带线结构的第一连接端设置第一SMA转接头;所述第二微带线结构的第一连接端设置第二SMA转接头;在所述第一固定层设置两个SMA接头孔分别将所述第一SMA转接头和第二SMA转接头引出后分别与所述数据接收分析模块的输出端和输入端连接,

令所述数据接收分析模块的输出端输出电磁波信号并通过所述第一SMA转接头连接至所述第一微带线结构,所述第一微带线结构的第二连接端输出的电磁波信号通过电场耦合的方式激励起所述耦合微带线结构内部的场,在所述耦合微带线结构内产生电磁波信号并传递至所述第二微带线结构的第二连接端,利用所述第二SMA转接头将电磁波信号从所述第二微带线结构的第一连接端输出给所述数据接收分析模块,所述数据接收分析模块根据获取的电磁波信号分析得出所述耦合微带线结构的谐振频率,并根据所述耦合微带线结构的谐振频率与待测材料的介电常数之间的关系得出待测材料的介电常数测试结果。

[0010] 具体的,所述谐振层包括一层介质基板,在介质基板下表面设置接地板,在介质基板上表面设置两条平行的第一金属导体带,在所述两条第一金属导体带下方的接地板进行挖槽,所述两条第一金属导体带和其所在区域下方的介质基板构成所述耦合微带线结构;在介质基板上表面且位于所述两条第一金属导体带延伸方向的两端分别设置第二金属导体带和第三金属导体带,所述第二金属导体带和第三金属导体带关于所述谐振层的中心呈中心对称分布,所述第二金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成所述第一微带线结构,所述第三金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成所述第二微带线结构。

[0011] 具体的,所述第一固定层包括两个第一金属板,两个所述第一金属板靠近放置并留有与所述耦合微带线结构平行的缝隙。

[0012] 具体的,所述第一金属板下表面设置金属突起结构,所述金属突起结构设置在所述第一微带线结构和第二微带线结构之间。

[0013] 具体的,所述数据接收分析模块包括矢量网络分析仪和计算机,所述矢量网络分析仪用于输出电磁波信号并通过所述第一SMA转接头传递至所述第一微带线结构,所述矢量网络分析仪还用于接收从所述第二SMA转接头输出的电磁波信号并将测试数据传递给所述计算机进行分析,计算出待测材料的介电常数。

[0014] 具体的,所述介质基板采用罗杰斯基板R04350,厚度为0.254mm;所述第一金属导体的导带宽度为0.1mm,两条平行的所述第一金属导体中间的缝隙宽度0.1mm;所述第二金属导体带和第三金属导体带的导带宽度为0.55mm。

[0015] 具体的,所述在所述两条第一金属导体带下方的接地板进行挖槽的槽宽度大于0.3mm且小于1mm。

[0016] 具体的,所述第一固定层和第二固定层内壁涂覆有吸波材料。

[0017] 具体的,分别在所述第一固定层、第二固定层和谐振层上的对应位置设置定位孔,将连接结构依次通过所述第一固定层、谐振层和第二固定层对应位置的定位孔,从而将所述第一固定层、谐振层和第二固定层进行固定;所述连接结构为螺丝。

[0018] 本发明的有益效果:本发明利用平面传输线谐振单元构成了单纤维介电常数测试装置,采用两端开路的耦合微带线形成谐振,通过测试谐振频率获取介电常数信息,与现有的纤维介电常数测试方法对比,本发明可以实现对单纤维的直接测试,提高了测试可靠性;另外实施例中将耦合微带线下方的信号地做了开槽设计,能够抑制偶模谐振,同时保持奇模谐振效果,提高了测试灵敏度;同时本发明的测试装置体积小且结构简单,能够降低加工成本。

附图说明

[0019] 下面的附图有助于更好地理解下述对本发明不同实施例的描述,这些附图示意性地示出了本发明一些实施方式的主要特征。这些附图和实施例以非限制性、非穷举性的方式提供了本发明的一些实施例。为简明起见,不同附图中具有相同功能的相同或类似的组件或结构采用相同的附图标记。

[0020] 图1是本发明提出的一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置在实施例中的一种具体分离结构图,其中,1是第一固定层、2是谐振层、3是第二固定层。

[0021] 图2中(a)是第一固定层的一种结构示意图,其中11是第一固定层上的定位孔、12是SMA接头孔;图2中(b)是第二固定层的一种结构示意图,其中,31是第二固定层上的定位孔。

[0022] 图3是谐振层的一种结构示意图,其中21是耦合微带线的两条平行金属导体带、22是第一微带线结构或第二微带线结构的金属导体带、23是介质基板、24是接地板、241是在接地板上正对耦合微带线的位置开的槽、25是谐振层上的定位孔。

[0023] 图4中(a)是耦合微带线结构在偶对称模式下的电场分布图,图4中(b)是耦合微带线结构在奇对称模式下的电场分布示意图,其中,41和42耦合微带线结构的两条平行金属导体带、43是介质基板、44是接地板、45是耦合微带线结构在偶对称模式下的电场线、46是耦合微带线结构在奇对称模式下的电场线。

[0024] 图5是本发明提出的一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置的系统框图,其中51是矢量网络分析仪、52是计算机、56是测试模块;测试模块56正上方留有一缝隙563与谐振层的耦合微带线结构保持平行,便于测试样品的放入;矢量网络分析仪51的端口511和端口512分别通过同轴电缆54和55与测试模块56的两个SMA接头孔561和562连接;计算机52利用网线53实现对矢量网络分析仪51的控制和数据读取。

[0025] 图6是将本发明提出的一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置进行仿真,在其中分别放入真空杆和介质杆时的谐振曲线。

[0026] 图7是利用本发明提出的一种基于耦合微带线的单纤维介电常数测试装置对单纤维进行实际测量所得的谐振曲线,其中,71是未放入待测样品时的谐振曲线,72是放入单纤维样品之后的谐振曲线。

具体实施方式

[0027] 以下通过特定的具体实例说明本发明的实施方式,本领域技术人员可由本说明书所揭露的内容轻易地了解本发明的其他优点与功效。本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用,本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用,在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0028] 本发明基于耦合微带线提出一种单纤维介电常数测试装置,包括数据接收分析模块和测试模块;其中测试模块包括谐振层以及分别设置在谐振层上表面一侧和下表面一侧的第一固定层和第二固定层,通过第一固定层和第二固定层将谐振层进行固定。为了降低加工成本可以将谐振层的介质基板设置得比较薄,而由于介质基板比较薄所以采用了固定结构对其进行上下固定,避免测试过程中发生形变,影响测试结果;并且固定结构可以在一定程度上减小外界环境因素对测试过程的干扰。

[0029] 如图1和图2中(a)所示给出了第一固定层的一种实现结构,本实施例中第一固定层由两个第一金属板组成,两个第一金属板靠近放置并留有与耦合微带线结构平行的缝隙。本实施例之所以用两个单独的结构实现第一固定层是为了方便测试人员进行操作,以方便在测试时将待测材料从缝隙放入,当然也可以采用其他的第一固定层结构,只要满足其表面设置有与耦合微带线结构平行的缝隙。作为优选方式,一些实施例中在第一金属板下表面设置金属突起结构,如图1所示的“E”字型设计,两个第一金属板的“E”字型对称放置,“E”字型中位于第一微带线结构和第二微带线结构之间的金属突起结构可用于减弱两微带线之间的电磁串扰;另外在第一固定层和第二固定层结构内壁涂覆吸波材料,可以抑制微带辐射信号在内壁造成的多次反射干扰。

[0030] 为了实现固定,一些实施例中分别在第一固定层、第二固定层和谐振层上的对应位置设置定位孔,如图2(a)中的11表示第一固定层上的定位孔,图2(b)中的31表示第二固定层上的定位孔,图3中的25表示谐振层上的定位孔,将螺丝等连接结构依次通过第一固定层、谐振层和第二固定层对应位置的定位孔,实现对第一固定层、谐振层和第二固定层的固定。对于定位孔的数量和位置不做限定,只要不破坏谐振层的耦合微带线结构、第一微带线结构和第二微带线结构即可。

[0031] 谐振层包括耦合微带线结构、第一微带线结构和第二微带线结构,耦合微带线结构包括介质基板和设置在介质基板上表面的两条平行金属导体带,令耦合微带线结构的两端开路形成谐振;第一微带线结构的第二连接端靠近耦合微带线结构的一端,其第一连接端设置第一SMA转接头;第二微带线结构的第二连接端靠近耦合微带线结构的另一端,其第一连接端设置第二SMA转接头;第一微带线结构和第二微带线结构分别用于对耦合微带线结构内部电磁波信号的激励和接收。

[0032] 如图3所示给出了谐振层的一种实现结构,本实施例中谐振层包括一层介质基板23,在介质基板23下表面设置接地板24;在介质基板24上表面设置两条平行的第一金属导体带21;为了抑制偶模谐振,并尽可能保留奇模谐振效果,可以在两条第一金属导体带21下方的接地板24进行挖槽241,两条第一金属导体带21和其所在区域下方的介质基板构成耦合微带线结构。如图3所示,在介质基板23上表面且位于两条第一金属导体带21带延伸方向的两端分别设置第二金属导体带和第三金属导体带,第二金属导体带和第三金属导体带关于谐振层的中心点呈中心对称分布,第二金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成第一微带线结构,第三金属导体带以及其所在区域下方的介质基板和接地板构成第二微带线结构。微带线是一种整体结构,通常包括上层的金属导体带,中间的介质基板以及下层的接地板,如第一微带线结构和第二微带线结构。一些实施例中为了抑制偶模谐振可以在第一金属导体带21下方的接地板24进行挖槽241,槽241的宽度需要大于两条第一金属导体带21的宽度加中间的缝隙,如实施例中令第一金属导体带21的导带宽度为0.1mm,两条平行的第一金属导体带中间的缝隙宽度0.1mm,则槽241的宽度需要大于0.3mm,一般需要小于1mm,可优选为0.8mm。

[0033] 测试模块与外部的电磁波信号传输可以通过在第一固定层设置两个SMA接头孔,两个SMA接头孔分别将第一SMA转接头和第二SMA转接头从固定装置内引出实现,第一SMA转接头焊接在谐振层中第一微带线结构没有与耦合微带线结构连接的一端,第二SMA转接头焊接在谐振层中第二微带线结构没有与耦合微带线结构连接的一端,第一SMA转接头和第

二SMA转接头通过两个SMA接头孔分别与数据接收分析模块的输出端和输入端连接。

[0034] 数据接收分析模块可以由矢量网络分析仪和计算机实现,矢量网络分析仪用于输出电磁波信号并传递至第一SMA转接头,矢量网络分析仪还用于接收从第二SMA转接头输出的电磁波信号,并将测试数据传递给计算机进行分析。因此矢量网络分析仪与第一SMA转接头和第二SMA转接头连接,比如可以令矢量网络分析仪通过第一微带线结构将电磁波信号输入,由于第一微带线结构、第二微带线结构和耦合微带线结构具有同方向的电场分量,所以第一微带线结构与耦合微带线结构、第二微带线结构与耦合微带线结构之间可以进行相互激励,也就是说第一微带线结构是用于激励出耦合微带线结构中的场,而第二微带线结构则是用于将耦合微带线结构的电磁波信号输出,并反馈给矢量网络分析仪。

[0035] 下面详细描述本实施例的工作过程,由于形成谐振必须要求微带线两端开路或者短路,因此本实施例中为了便于操作将耦合微带线结构采用两端开路的耦合微带线形成谐振;另外将耦合微带线结构的两个第一金属导体的导带宽度设置为0.1mm,中间的缝隙宽度设置为0.1mm,将第一微带线结构和第二微带线结构的导带宽度设置为0.55mm(特性阻抗50欧姆),介质基板采用罗杰斯基板R04350,厚度0.254mm;耦合微带线下方的开槽设计其槽宽为0.8mm。经验证,该槽的宽度会影响谐振结构的耦合强度,若耦合量太弱或太强,可分别采用减小或增大开槽宽度的方式调整耦合量,本实施例中可在0.3mm-1mm之间调整,经过仿真验证得出的最佳结果为0.8mm。

[0036] 如图5所示,在测试时将待测材料从第一固定层的缝隙563中水平放入测试模块内耦合微带线结构两条平行金属导体带之间的测试通道。本实施例中测试选择是奇模谐振,如图4中(b)所示,可以看出当把待测材料水平放入缝隙563后将会从中切断耦合微带线结构两个平行金属导体带之间的电场线,也就是所说的对耦合微带线结构的电场进行了扰动,此时就会引起耦合微带线结构谐振频率发生改变,而谐振频率和介电常数之间存在一定的关系,根据这个特性就可以反推介电常数。计算机52控制矢量网络分析仪51发出电磁波信号送至测试模块56内,再由矢量网络分析仪51接收测试模块56输出的电磁波信号并从中提取谐振曲线和谐振频率等,最后由矢量网络分析仪51将测试数据传递给计算机52,由计算机52内的测试软件根据耦合微带线结构的谐振频率与待测材料的介电常数之间的关系计算出待测材料的介电常数测试结果。

[0037] 如图6所示是利用HFSS仿真软件对本发明的测试装置进行建模,然后分别对放入真空杆和二氧化硅(silicon_dioxide)介质杆时的谐振频率进行仿真验证获得的谐振曲线结果图。如图7所示是利用该测试装置对单纤维进行实际测试的结果图,从仿真结果和实测结果可以看出,当在耦合微带线构成的谐振结构中放入待测材料之后,谐振曲线出现偏差,谐振频率发生改变,由此就可以反算得出单纤维材料的介电常数。

[0038] 上述实施例仅例示性说明本发明的原理及其功效,而非用于限制本发明。任何熟悉此技术的人士皆可在不违背本发明的精神及范畴下,对上述实施例进行修饰或改变。因此,凡所属技术领域中具有通常知识者在未脱离本发明所揭示的精神与技术思想下所完成的一切等效修饰或改变,仍应由本发明的权利要求所涵盖。

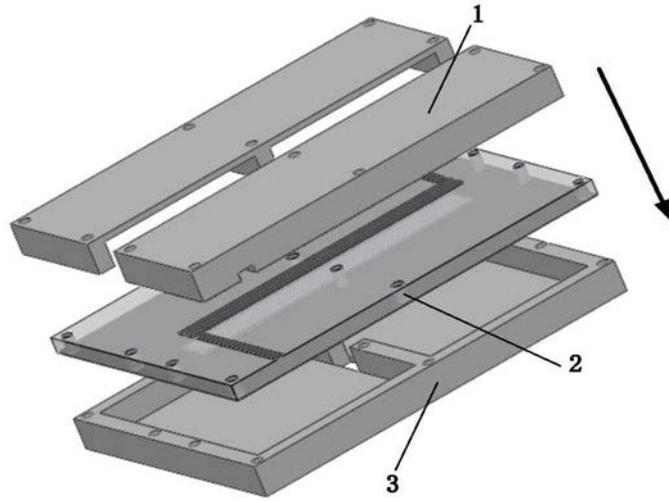
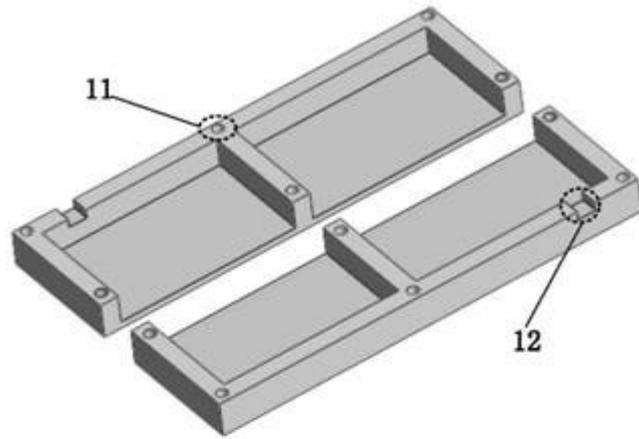
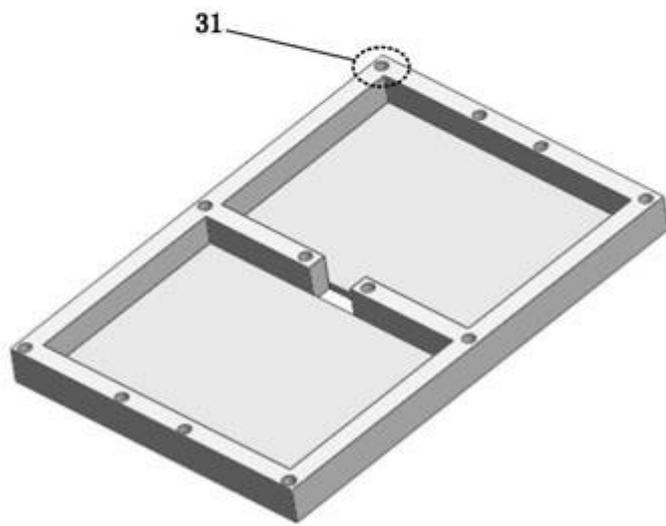


图1



(a)



(b)

图2

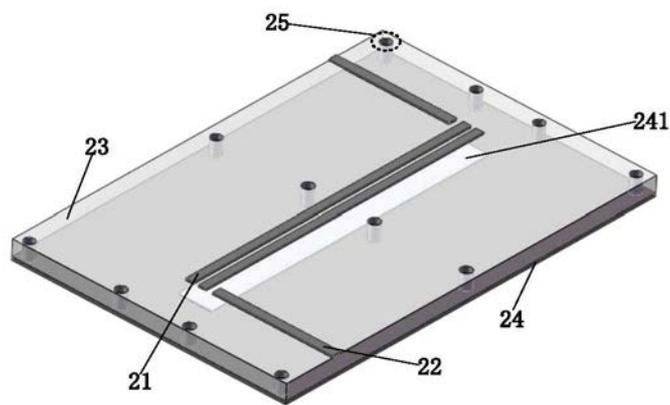


图3

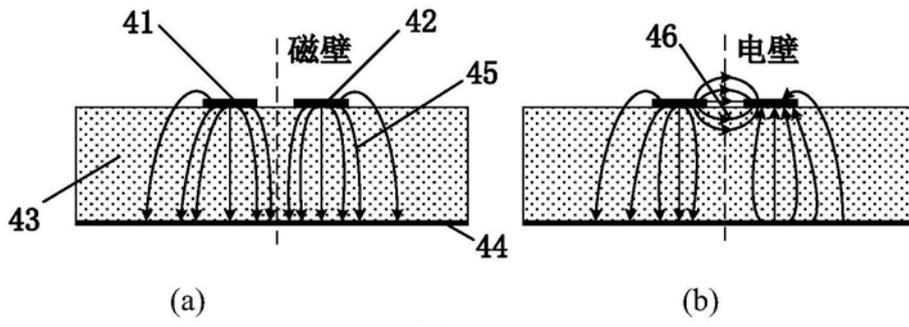


图4

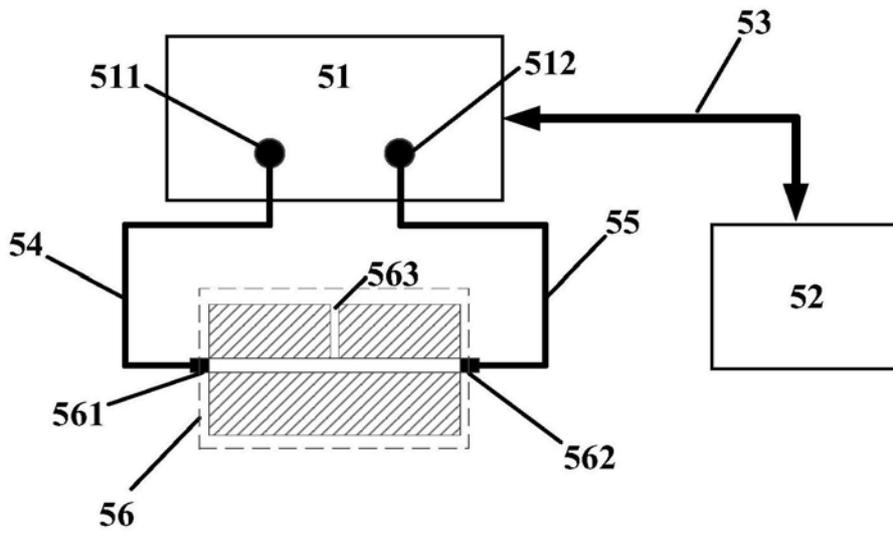


图5

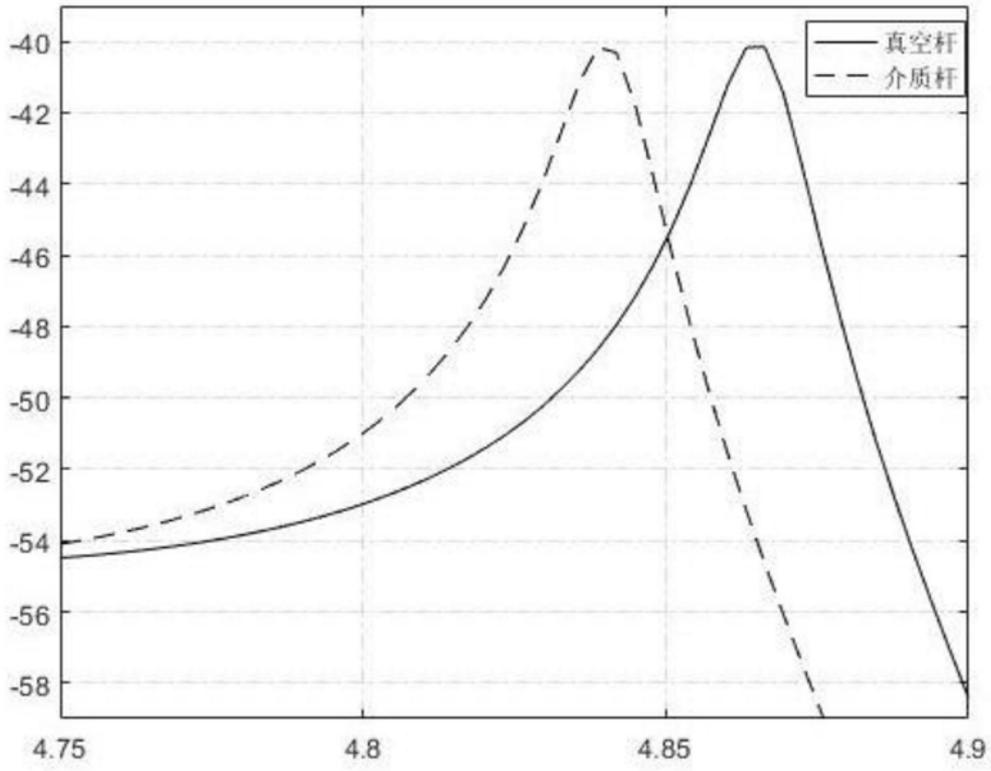


图6

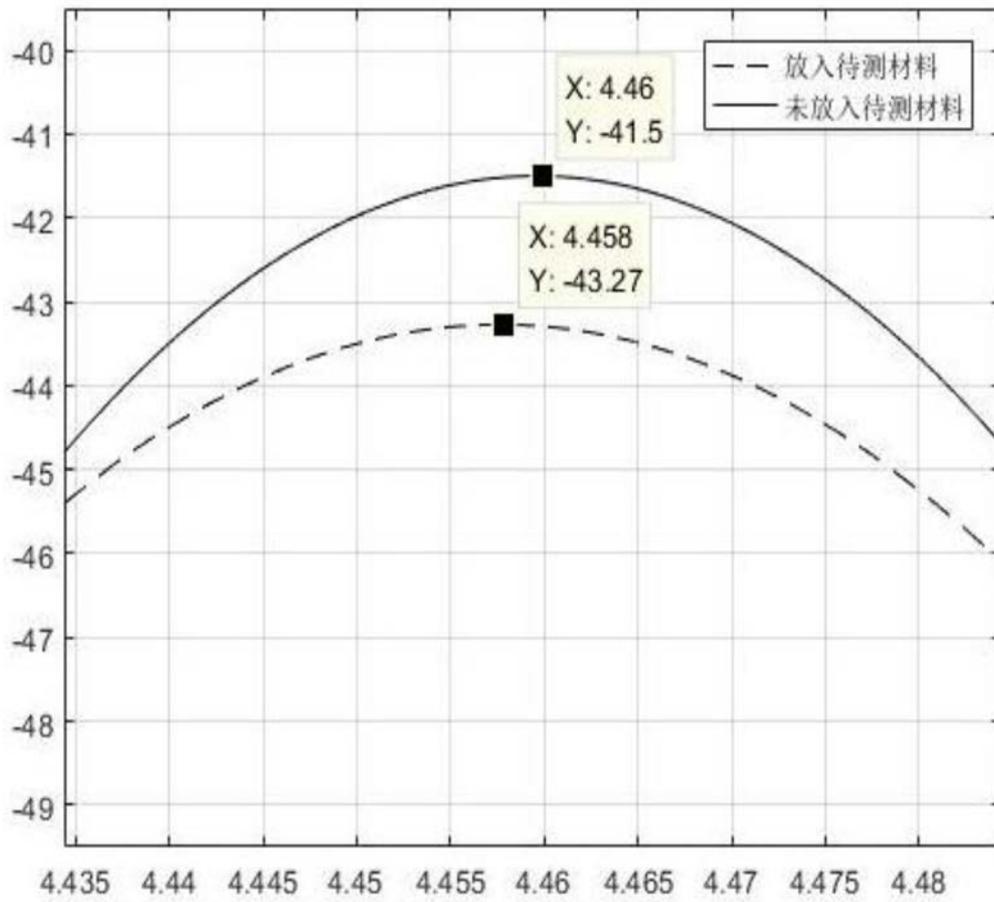


图7