



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106646323 B

(45)授权公告日 2019.03.22

(21)申请号 201611154288.3

(22)申请日 2016.12.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106646323 A

(43)申请公布日 2017.05.10

(73)专利权人 北京无线电计量测试研究所
地址 100854 北京市海淀区永定路50号142
信箱408分箱

(72)发明人 谢文 龚鹏伟 谌贝 姜河

(74)专利代理机构 北京国昊天诚知识产权代理
有限公司 11315

代理人 黄熊

(51)Int.Cl.

G01R 35/02(2006.01)

(56)对比文件

CN 103529419 A,2014.01.22,

JP 2003050271 A,2003.02.21,

CN 103529261 A,2014.01.22,

CN 103558433 A,2014.02.05,

CN 104459594 A,2015.03.25,

龚鹏伟等.太赫兹脉冲测量技术及其在计量领域的应用.《宇航计测技术》.2013,第33卷(第5期),第1-8页.

Uwe Arz等.Wideband Frequency-Domain Characterization of High-Impedance Probes.《58th ARFIG Conference Digest》.2001,第40卷1-7.

审查员 王倪颖

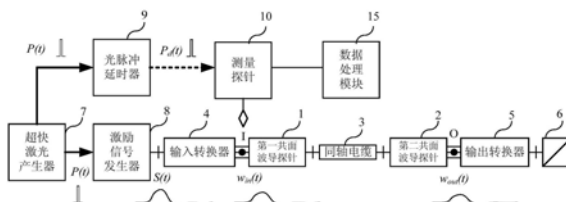
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种共面波导探针传输特性测量装置和方法

(57)摘要

本申请公开一种共面波导探针传输特性测量装置和方法。测量装置包括超快激光产生器、激励信号发生器、输入转换器、输出转换器、光脉冲延时器、测量探针、匹配负载；超快激光产生器产生超快激光脉冲；激励信号发生器产生电脉冲激励信号；光脉冲延时器产生探测激光脉冲入射到测量探针；测量第一共面波导探针和第二共面波导探针测试端的电信号瞬时值；输入转换器接收电脉冲激励信号并耦合到第一共面波导探针测试端；输出转换器连接第二共面波导探针测试端和匹配负载。测量方法包含测量输入信号、输出信号时域波形；分别变换到频域，根据输入、输出信号频谱、同轴电缆传输特性、共面波导探针传输特性之间的关系计算共面波导探针的传输特性。



1. 一种共面波导探针传输特性测量装置,所述共面波导探针包含传输特性相同的第一共面波导探针、第二共面波导探针;第一共面波导探针和第二共面波导探针的同轴端通过高频同轴电缆连接;其特征在于,所述测量装置包括超快激光产生器、激励信号发生器、输入转换器、输出转换器、光脉冲延时器、测量探针、匹配负载;

所述超快激光产生器,用于产生超快激光脉冲;

所述激励信号发生器,用于接受所述超快激光脉冲触发,产生电脉冲激励信号;

所述光脉冲延时器,用于对所述超快激光脉冲延时,产生探测激光脉冲,入射到所述测量探针;

所述测量探针,在所述探测激光脉冲入射时,用于测量所述第一共面波导探针和第二共面波导探针测试端的电信号瞬时值;

所述输入转换器,用于接收所述电脉冲激励信号,并耦合到第一共面波导探针的测试端;

所述输出转换器,用于连接第二共面波导探针的测试端和所述匹配负载。

2. 如权利要求1所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,

所述输入转换器包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输所述电脉冲激励信号,并实现所述同轴端和共面波导传输线端之间的阻抗匹配;

所述输入转换器的共面波导传输线端与所述第一共面波导探针的测试端相连接。

3. 如权利要求1所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,

所述输出转换器包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输输出信号,并实现同轴端共面波导传输线端之间的阻抗匹配;

所述输出转换器的共面波导传输线端与所述第二共面波导探针的测试端相连接;

所述输出转换器的同轴端与所述匹配负载相连接。

4. 如权利要求1所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,所述测量探针包含光导探针或电光探针。

5. 如权利要求1~4任意一项所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,所述激励信号发生器产生的激励信号带宽大于所述第一共面波导、第二共面波导的工作带宽。

6. 如权利要求1~4任意一项所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,所述光脉冲延时器的延时精度高于300fs。

7. 如权利要求1~4任意一项所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,所述超快激光产生器包含超快激光器、色散补偿器、分光器;

所述超快激光器,用于产生超快激光脉冲;

所述色散补偿器用于接收所述超快激光脉冲,进行色散预补偿,发送到所述分光器;

所述分光器,将所述超快激光脉冲分为两路,一路输出至所述激励信号发生器,另一路输出至所述光脉冲延时器。

8. 一种共面波导探针传输特性测量方法,使用权利要求1~7任意一项所述共面波导探针传输特性测量装置,其特征在于,包含以下步骤

在所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处,用所述测量探针测量输入信号时域波形;

在所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处,用所述测量探针测量输

出信号时域波形；

将所述输入信号时域波形和输出信号时域波形分别变换到频域，得到输入信号频谱和输出信号频谱；

根据输出信号频谱和输入信号频谱、所述高频同轴电缆传输特性、所述共面波导探针传输特性之间的关系，计算共面波导探针的传输特性。

9. 如权利要求8所述共面波导探针传输特性测量方法，其特征在于，用所述测量探针测量输入信号时域波形的步骤，具体包含

将所述测量探针置于所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置；

用超快激光脉冲触发激励信号发生器，产生电脉冲激励信号，经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端；

将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针，所述测量探针测量和记录延迟时刻的输入信号瞬时值；

改变所述超快激光脉冲延时量，所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输入信号瞬时值；重复以上步骤，最终得到输入信号时域波形。

10. 如权利要求8所述共面波导探针传输特性测量方法，其特征在于，用所述测量探针测量输出信号时域波形的步骤，具体包含

将所述测量探针置于所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置；

用超快激光脉冲触发激励信号发生器，产生电脉冲激励信号，经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端；

将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针，所述测量探针测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值；

改变所述超快激光脉冲延时量，所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值；重复以上步骤，最终得到输出信号时域波形。

一种共面波导探针传输特性测量装置和方法

技术领域

[0001] 本申请涉及计量与测试技术领域,尤其涉及一种共面波导探针的测量装置和测量方法。

背景技术

[0002] 随着微波和毫米波集成电路技术的飞速发展,共面波导结构的微波器件受到愈来愈多的重视与关注,对这一类型的器件进行测试时,必须使用共面波导探针进行信号的转换,将共面波导器件产生的平面传输信号转换为同轴传输信号。

[0003] 在理想状态下,平面传输信号通过共面波导探针转换为同轴传输信号时,不会产生畸变。但是在实际应用时共面波导探针不是理想的连接器件,存在衰减与色散,信号在转换前后会产生变化,进而降低测量结果的准确度。为提高测量准确度,首先需要获得共面波导探针衰减与色散特性,即传输特性,然后对测量结果进行修正,得到被测信号的真实信息。

[0004] 共面波导探针前端无法直接与通用的测量仪器连接,不能使用常规的测量方法获取其传输特性,因此,亟需一种共面波导探针传输特性的测量装置,来解决共面波导探针在信号转换过程中由衰减与色散造成的测量准确度降低及信号失真的问题。

发明内容

[0005] 本发明提出一种共面波导探针传输特性测量装置和方法,解决共面波导探针在信号转换过程中由衰减与色散造成的测量准确度降低及信号失真的问题。

[0006] 本申请实施例提供一种共面波导探针传输特性测量装置,所述共面波导探针包含传输特性相同的第一共面波导探针、第二共面波导探针;第一共面波导探针和第二共面波导探针的同轴端通过高频同轴电缆连接。所述测量装置包括超快激光产生器、激励信号发生器、输入转换器、输出转换器、光脉冲延时器、测量探针、匹配负载;所述超快激光产生器,用于产生超快激光脉冲;所述激励信号发生器,用于接受所述超快激光脉冲触发,产生电脉冲激励信号;所述光脉冲延时器,用于对所述超快激光脉冲延时,产生探测激光脉冲,入射到所述测量探针;所述测量探针,在所述探测激光脉冲入射时,用于测量所述第一共面波导探针和第二共面波导探针测试端的电信号瞬时值;所述输入转换器,用于接收所述电脉冲激励信号,并耦合到第一共面波导探针的测试端;所述输出转换器,用于连接第二共面波导探针的测试端和所述匹配负载。

[0007] 优选地,所述输入转换器包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输所述电脉冲激励信号,并实现同轴端和共面波导传输线端之间的阻抗匹配;所述输入转换器的共面波导传输线端与所述第一共面波导探针的测试端相连接。

[0008] 优选地,所述输出转换器包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输输出信号,并实现同轴端和共面波导传输线端之间的阻抗匹配;所述输出转换器的共面波导传输线端与所述第二共面波导探针的测试端相连接;所述输出转换器的同轴端与所述匹配负载相连

接。

[0009] 优选地,所述测量探针包含光导探针或电光探针。

[0010] 对于本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置的实施例,优选地,所述激励信号发生器产生的激励信号带宽大于所述第一共面波导、第二共面波导的工作带宽。

[0011] 对于本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置的实施例,优选地,所述光脉冲延时器的延时精度高于300fs。

[0012] 对于本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置进一步优化的实施例,优选地,所述超快激光产生器包含超快激光器、色散补偿器、分光器;所述超快激光器,用于产生超快激光脉冲;所述色散补偿器用于接收所述超快激光脉冲,进行色散预补偿,发送到所述分光器;所述分光器,将所述超快激光脉冲分为两路,一路输出至所述激励信号发生器,另一路输出至所述光脉冲延时器。

[0013] 本申请实施例还提供一种共面波导探针传输特性测量方法,使用本申请任意一项实施例所述共面波导探针传输特性测量装置,包含以下步骤:

[0014] 在所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处,用所述测量探针测量输入信号时域波形;

[0015] 在所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处,用所述测量探针测量输出信号时域波形;

[0016] 将所述输入信号时域波形和输出信号时域波形分别变换到频域,得到输入信号频谱和输出信号频谱;

[0017] 根据输出信号频谱和输入信号频谱、所述高频同轴电缆传输特性、所述共面波导探针传输特性之间的关系,计算共面波导探针的传输特性。

[0018] 优选地,所述共面波导探针传输特性测量方法,用所述测量探针测量输入信号时域波形的步骤,具体包含:

[0019] 将所述测量探针置于所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置;

[0020] 用超快激光脉冲触发激励信号发生器,产生电脉冲激励信号,经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端;

[0021] 将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针,所述测量探针测量和记录延迟时刻的输入信号瞬时值;

[0022] 改变所述超快激光脉冲延时量,所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输入信号瞬时值;重复以上步骤,最终得到输入信号时域波形。

[0023] 优选地,所述共面波导探针传输特性测量方法,用所述测量探针测量输出信号时域波形的步骤,具体包含:

[0024] 将所述测量探针置于所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置;

[0025] 用超快激光脉冲触发激励信号发生器,产生电脉冲激励信号,经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端;

[0026] 将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针,所述测量探针测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值;

[0027] 改变所述超快激光脉冲延时量,所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值;重复以上步骤,最终得到输出信号时域波形。

[0028] 本申请实施例采用的上述至少一个技术方案能够达到以下有益效果:本技术方案解决了共面波导探针传输特性的测量问题,使用电光测量的方法将测量的参考面直接确定在共面波导探针的平面输入端口,能够避免在测量结果中引入信号转换器的影响而产生误差,提高了测量的准确度。

附图说明

[0029] 此处所说明的附图用来提供对本申请的进一步理解,构成本申请的一部分,本申请的示意性实施例及其说明用于解释本申请,并不构成对本申请的不当限定。在附图中:

[0030] 图1为共面波导探针传输特性测量装置示意图;

[0031] 图2为共面波导探针传输特性测量装置的另一实施例示意图;

[0032] 图3是本发明输入转换器、输出转换器、共面波导探针的连接示意图;

[0033] 图4为光导探针测量电信号原理示意图;

[0034] 图5为电光探针测量点信号原理示意图;

[0035] 图6为同步取样测量方法的时序示意图;

[0036] 图7为共面波导探针传输特性测量方法流程图;

[0037] 图8为测量输入时域波形的具体步骤实施例流程图;

[0038] 图9为测量输出时域波形的具体步骤实施例流程图。

具体实施方式

[0039] 为使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本申请具体实施例及相应的附图对本申请技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0040] 需要说明的是,本发明实施例中记载的共面波导探针传输特性具备以下特征:

[0041] 第一,共面波导探针传输特性 $H_{\text{probe}}(f)$ 是复数形式,可以表示为 $H_{\text{probe}}(f) = \alpha(f) + \beta(f) i$,其中 $\alpha(f)$ 表示信号衰减特性, $\beta(f)$ 表示色散特性,两者共同确定了信号通过共面波导探针产生的畸变;

[0042] 第二,共面波导探针端口具有互易性,当所述电脉冲激励信号由第一共面波导探针的测试端输入,并经过高频电缆由第二共面波导探针的测试端输出后,由于端口的互易性,等效于受到了两次完全相同的共面波导探针及一次高频同轴电缆的影响,因此可以通过准确地测量输入信号时域波形及输出信号时域波形数据,通过频谱变换计算得到信号衰减及色散,去除已知高频同轴电缆的影响,进而得到共面波导探针的传输特性。

[0043] 以下结合附图,详细说明本申请各实施例提供的技术方案。

[0044] 图1为共面波导探针传输特性测量装置示意图。本实施例提供一种共面波导探针传输特性测量装置,所述共面波导探针包含传输特性相同的第一共面波导探针1、第二共面波导探针2;第一共面波导探针和第二共面波导探针的同轴端通过高频同轴电缆3连接。所述测量装置,包括超快激光产生器7、激励信号发生器8、输入转换器4、输出转换器5、光脉冲

延时器9、测量探针10、匹配负载6；所述超快激光产生器，用于产生超快激光脉冲 $P(t)$ ；所述激励信号发生器，用于接受所述超快激光脉冲触发，产生电脉冲激励信号 $S(t)$ ；所述光脉冲延时器，用于对所述超快激光脉冲延时，产生探测激光脉冲 $P_d(t)$ ，入射到所述测量探针；所述测量探针，在所述探测激光脉冲入射时，用于测量所述第一共面波导探针和第二共面波导探针测试端的电信号瞬时值；所述输入转换器，用于接收所述电脉冲激励信号，并耦合到第一共面波导探针的测试端I；所述输出转换器，用于连接第二共面波导探针的测试端O和所述匹配负载。

[0045] 需要说明的是，本发明实施例中所述共面波导探针包括第一共面波导探针及第二共面波导探针，所述第一共面波导探针传输特性为 $H_{probe1}(f)$ ，所述第二共面波导探针传输特性为 $H_{probe2}(f)$ ，并假定 $H_{probe1}(f) = H_{probe2}(f) = H_{probe}(f)$ 。所述第一共面波导探针与所述第二共面波导探针同轴输出端口间通过高频同轴电缆连接，所述高频同轴电缆传输特性 $H_{cable}(f)$ 可以通过通用测量方法获得。

[0046] 例如，所述超快激光产生器输出信号为飞秒脉冲，脉冲宽度低于200飞秒（ 2×10^{-13} 秒），平均功率（强度）大于50mW，重复频率80MHz（对应周期为12.5纳秒）。

[0047] 所述激励信号发生器在功能上起到光电转换的作用，需要说明的是，所述超快激光产生器输出的飞秒脉冲具有极宽的带宽，而所述激励信号发生器只能响应其中低带宽范围内的信息。由于带宽与脉冲宽度呈现反比关系，所述激励信号发生器输出的电脉冲激励信号的宽度远远大于超快激光产生器输出的超快激光脉冲宽度。在所述200飞秒激光脉冲触发条件下，所述电脉冲激励信号宽度约为10皮秒（ 1×10^{-11} 秒），频域带宽约为50GHz。

[0048] 例如，所述光脉冲延时器可以通过调整空间距离实现相对延时，具体通过以下方式确定相对延时大小： $\Delta t = \Delta l/v$ ，其中， Δt 为延时大小， Δl 为所述延时同步器空间移动距离， v 为光在空间传播速度。

[0049] 对于本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置的实施例，优选地，所述激励信号发生器产生的激励信号带宽大于所述第一共面波导、第二共面波导的工作带宽。

[0050] 对于本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置的实施例，优选地，所述光脉冲延时器的延时精度高于300fs。此处，延时精度代表了光延时器的延时准确程度，光延时器使用1ps~2ps作为每次延时的大小，方案中延时精度是指每次延时（1ps~2ps）的误差不高于300fs，正常情况下还可以优于100fs。

[0051] 作为本发明共面波导探针传输特性测量装置进一步优化的实施例，还包含数据处理模块15，用于接收所述测量探针的数据，并对数据进行计算处理，得到共面波导探针传输特性。

[0052] 图2为共面波导探针传输特性测量装置的另一实施例示意图。作为本发明任意一项共面波导探针传输特性测量装置进一步优化实施例，所述超快激光产生器包含超快激光器71、色散补偿器72、分光器73；所述超快激光器，用于产生超快激光脉冲；所述色散补偿器用于接收所述超快激光脉冲，进行色散预补偿，发送到所述分光器；所述分光器，将所述超快激光脉冲分为两路，一路输出至所述激励信号发生器8，另一路输出至所述光脉冲延时器9。其中，所述超快激光器与所述色散补偿器通过光纤连接，所述色散补偿器与所述光分路器通过光纤连接。

[0053] 图3是本发明输入转换器、输出转换器、共面波导探针的连接示意图。所述输入转

换器4包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输所述电脉冲激励信号,并实现同轴端和共面波导传输线端之间的阻抗匹配;所述输入转换器的共面波导传输线端与所述第一共面波导探针1的测试端I相连接;。所述输出转换器5包含同轴端和共面波导传输线端,用于传输输出信号,并实现同轴端和共面波导传输线端之间的阻抗匹配;所述输出转换器的共面波导传输线端与所述第二共面波导探针2的测试端O相连接;所述输出转换器的同轴端与所述匹配负载相连接。所述第一共面波导探针的同轴端1C和所述第二共面波导探针的同轴端2C通过一高频同轴电缆3连接。

[0054] 在所述电脉冲激励信号的作用下,由于所述输入转换器、输出转换器和被测物(第一共面波导探针+高频同轴电缆+第二共面波导探针)连接,在所述第一共面波导探针1的测试端I产生输入信号 $w_{in}(t)$,在所述第二共面波导探针2的测试端O产生输出信号 $w_{out}(t)$ 。

[0055] 需要说明的是,由于被测共面波导探针一般设计为50欧姆特性阻抗,为了保证阻抗匹配,降低信号反射,所有微带段与同轴段都需要使用50欧姆特性阻抗。输入、输出转换器同轴端使用规格为1.85mm的同轴连接器,其带宽最高可以达到67GHz,特性阻抗为50欧姆。微带端是共面波导结构,特性阻抗为50欧姆,此外共面波导电极之间的间距应该小于被测共面波导探针的探针间距(一般为25微米~50微米)。

[0056] 图4为光导探针测量电信号原理示意图。在图4所示实施例中,所述测量探针10包含光导探针11和锁相放大器12。由于光导探针的测试部受到被测电信号辐射影响发生电导率改变,在探测激光脉冲 $P_d(t)$ 入射光导探针时,光导探针对探测激光脉冲的接收响应受到被测电信号的影响而发生改变,经过光电转换产生电信号,再经锁相放大器输出。在本发明中,所述测量探针与被测共面波导探针具体连接方式是,所述光导探针11置于被测共面波导探针与输入、输出转换器接触点I, O的正上方位置,测量得到输入信号 $w_{in}(t)$ 或输出信号 $w_{out}(t)$ 的波形。

[0057] 图5为电光探针测量电信号原理示意图。在图5所示实施例中,所述测量探针包含电光探针13和平衡探测放大器14。探测激光脉冲 $P_d(t)$ 耦合到光纤中,入射到所述电光探针,由于光电探针的测试部受到被测电信号辐射影响发生折射率改变,在探测激光脉冲入射光电探针时,光电探针对探测激光脉冲的反射响应受到被测电信号的影响而发生改变,经过平衡探测放大器转换为电信号并放大输出。在本发明中,所述测量探针与被测共面波导探针具体连接方式是,所述光电探针13置于被测共面波导探针与输入、输出转换器接触点I, O的正上方位置,测量得到输入信号 $w_{in}(t)$ 或输出信号 $w_{out}(t)$ 的波形。

[0058] 图6为同步取样测量方法的时序示意图。通过光脉冲延时器提供探测激光脉冲,实现波形的测量采集。光脉冲延时器输出的探测激光脉冲聚焦到所述测量探针。所述测量探针,在所述探测激光脉冲 $P_d(t)$ 作用下,用于测量所述第一共面波导探针和第二共面波导探针测试端在所述探测激光脉冲入射到所述测量探针时的电信号瞬时值。例如,在所述200飞秒激光脉冲触发条件下,所述电脉冲激励信号宽度约为10皮秒,将使用所述探测激光脉冲 $P_d(t) = P(t - i \times \Delta t)$ 共计 $N = 5000 \sim 10000$ 个延迟时间点对所述电脉冲激励信号及其传输响应进行测量,形成电信号瞬时值的序列 $w_{in}(i \times \Delta t)$ 或 $w_{out}(i \times \Delta t)$,以上表达式中, $i = 1 \sim N$,例如, $N = 5000$,构成时域波形。在第一共面波导探针的测试端测得的时域波形为输入信号时域波形;在第二共面波导探针的测试端测得的时域波形为输出信号时域波形。本发明实施例中所述测量探针,其测量得到的波形数据的取样间隔由所述光脉冲延时器确定,

间隔大小为所述相对延时 Δt ; 优选地, 取样间隔大小为 1ps。

[0059] 需要说明的是, 实际中所述电脉冲激励信号、输入信号、输出信号的波形包含丰富的信息, 虽然这里提到电脉冲宽度约为10ps, 但是在脉冲宽度(10ps) 以外还包含脉冲振铃、过冲、预冲等波形信息, 对频谱有明显的贡献。要得到准确的测量结果不仅仅需要测量10ps脉冲宽度内的信息, 还需要测量10ps脉宽之外, 一般测量中时间窗口的大小定为5ns~10ns, 对应的测量点数就是 5000~10000个。测量延迟点越多, 测量的准确度越高。图7为共面波导探针传输特性测量方法流程图。本申请实施例还提供一种共面波导探针传输特性测量方法, 使用本申请任意一项实施例所述共面波导探针传输特性测量装置, 包含以下步骤:

[0060] 步骤100、在所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处, 用所述测量探针测量输入信号时域波形;

[0061] 例如, 所述测量探针在所述输入转换器的共面波导传输线端与所述第一共面波导探针的测试端连接点处测量得到输入信号时域波形 $w_{in}(t)$, 输入信号时域波形数据包括取样时间与幅度信息;

[0062] 步骤200、在所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处, 用所述测量探针测量输出信号时域波形;

[0063] 例如, 所述测量探针在所述输出转换器的共面波导传输线端与所述第二共面波导探针测试端连接点处测量得到输出信号时域波形 $w_{out}(t)$, 输出信号时域波形数据包括取样时间与幅度信息。

[0064] 步骤300、将所述输入信号时域波形和输出信号时域波形分别变换到频域, 得到输入信号频谱和输出信号频谱;

[0065] 例如, 将所述输入信号时域波形 $w_{in}(t)$ 和输出信号时域波形 $w_{out}(t)$ 分别变换到频域, 得到输入信号频谱 $w_{in}(f)$ 和输出信号频谱 $w_{out}(f)$;

[0066] 步骤400、根据输出信号频谱和输入信号频谱、所述高频同轴电缆传输特性、所述共面波导探针传输特性之间的关系, 计算共面波导探针的传输特性。

[0067] 例如, 通过下式确定共面波导探针传输特性:

[0068]

$$\frac{W_{out}(f)}{W_{in}(f)} = H_{probe1}(f)H_{cable}(f)H_{probe2}(f) = H_{probe}(f)H_{cable}(f)H_{probe}(f) \quad \text{公式 1}$$

[0069] 其中, f 为信号频率, $w_{in}(f)$ 为输入信号时域波形数据 $w_{in}(t)$ 经频谱变换得到的输入信号频谱数据, $w_{out}(f)$ 为输出信号时域波形数据 $w_{out}(t)$ 经频谱变换得到的输出信号频谱数据, $H_{probe}(f)$ 为所述共面波导探针传输特性, $H_{cable}(f)$ 为高频电缆传输特性。

[0070] 图8为测量输入时域波形的具体步骤实施例流程图。用所述测量探针测量输入信号时域波形的步骤, 具体包含:

[0071] 步骤101、将所述测量探针置于所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置; 最佳地, 所述测量探针放置于所述输入转换器和所述第一共面波导探针的测试端连接处上方0.5mm位置。

[0072] 步骤102、用超快激光脉冲触发激励信号发生器, 产生电脉冲激励信号, 经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端;

[0073] 步骤103、将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针, 所述测量探针测量和

记录延迟时刻的输入信号瞬时值 $w_{in}(i \times \Delta t)$;

[0074] 步骤104、改变所述超快激光脉冲延时量,所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输入信号瞬时值;重复以上步骤,最终得到输入信号时域波形。

[0075] 图9为测量输出时域波形的具体步骤实施例流程图。所述测量探针测量输出信号时域波形的步骤,具体包含:

[0076] 步骤201、将所述测量探针置于所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处的正上方的规范测量位置;最佳地,所述测量探针放置于所述输出转换器和所述第二共面波导探针的测试端连接处上方0.5mm位置。

[0077] 步骤202、用超快激光脉冲触发激励信号发生器,产生电脉冲激励信号,经所述输入转换器耦合到所述第一共面波导探针的测试端;

[0078] 步骤203、将所述超快激光脉冲延迟后输入到所述测量探针,所述测量探针测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值 $w_{out}(i \times \Delta t)$;

[0079] 步骤204、改变所述超快激光脉冲延时量,所述测量探针再次测量和记录延迟时刻的输出信号瞬时值;重复以上步骤,最终得到输出信号时域波形。

[0080] 还需要说明的是,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、商品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、商品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、商品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0081] 以上所述仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请。对于本领域技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原理之内所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的权利要求范围之内。

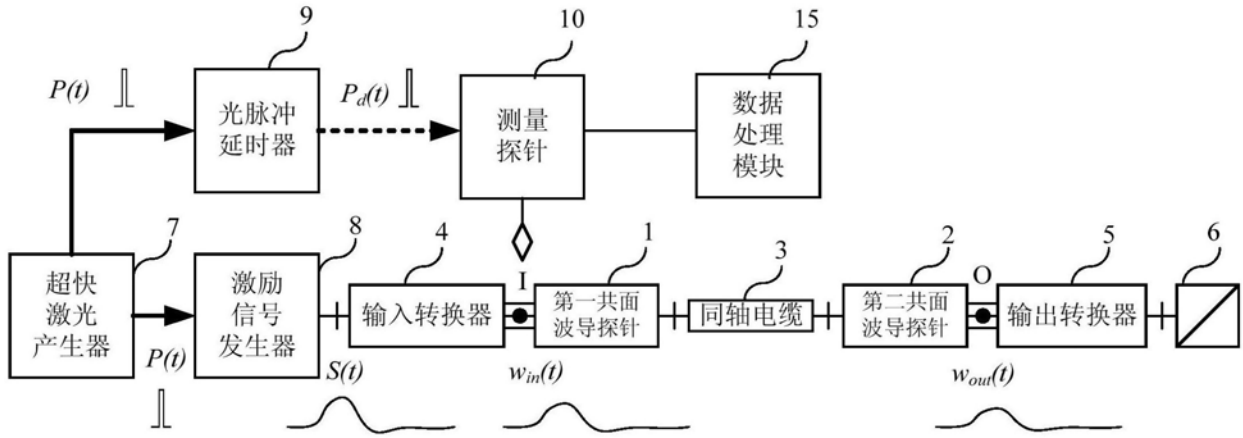


图1

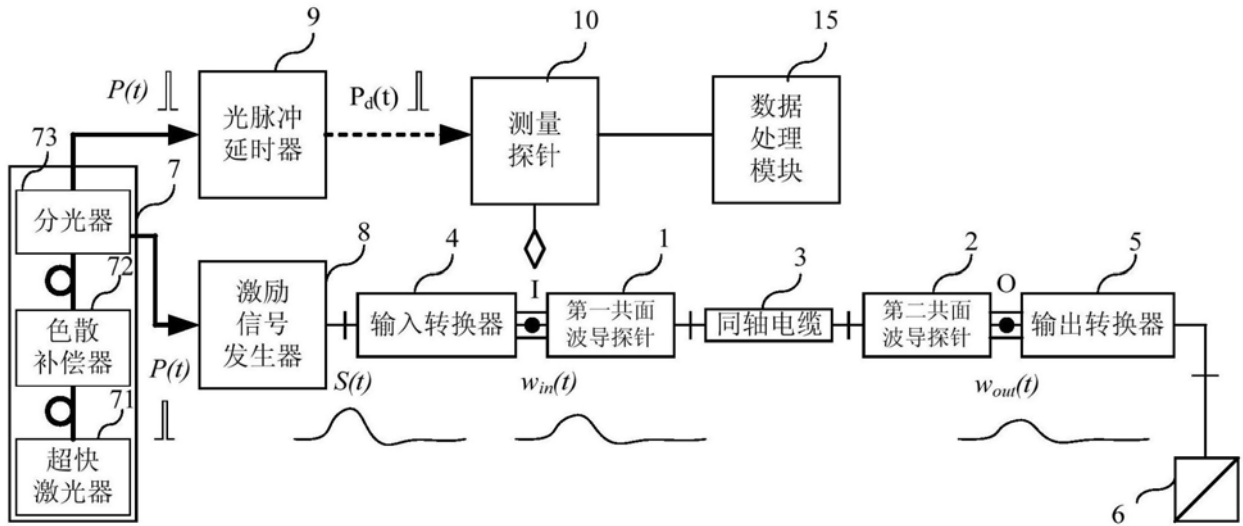


图2

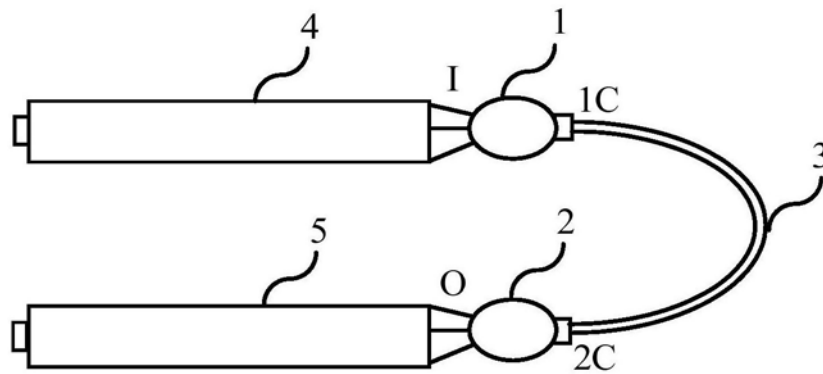


图3

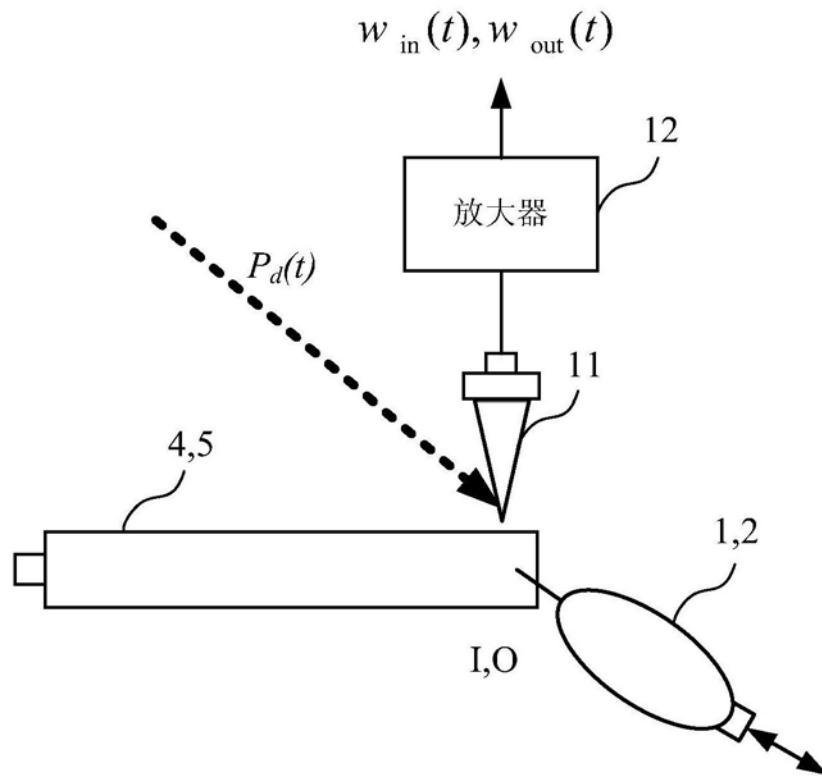


图4

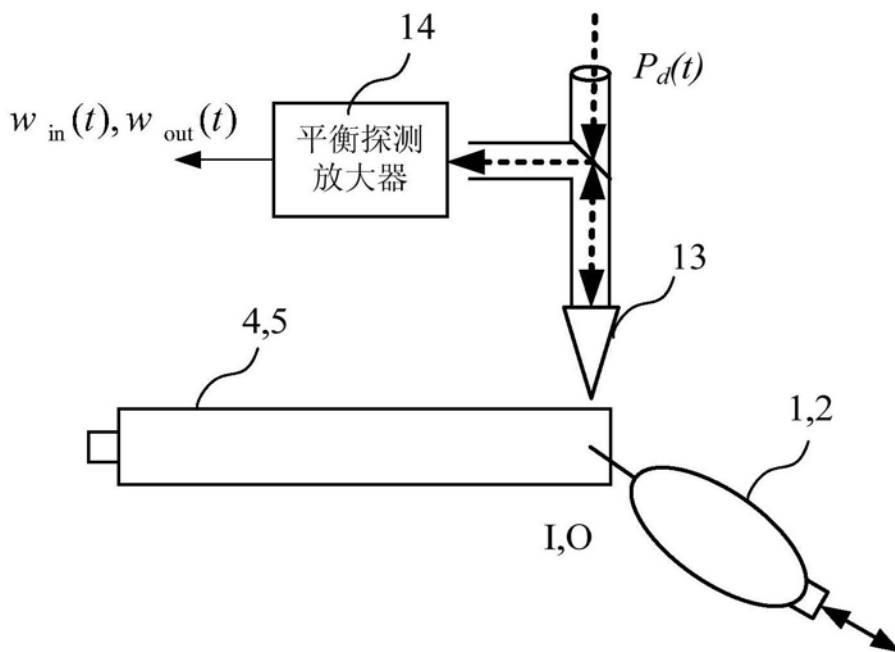


图5

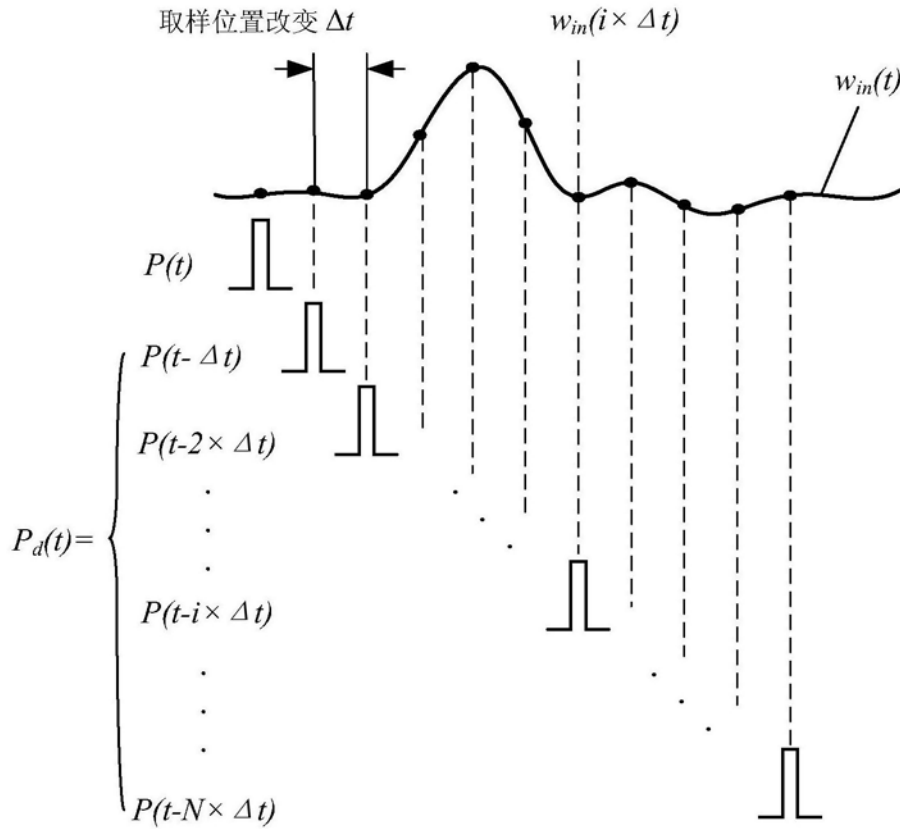


图6

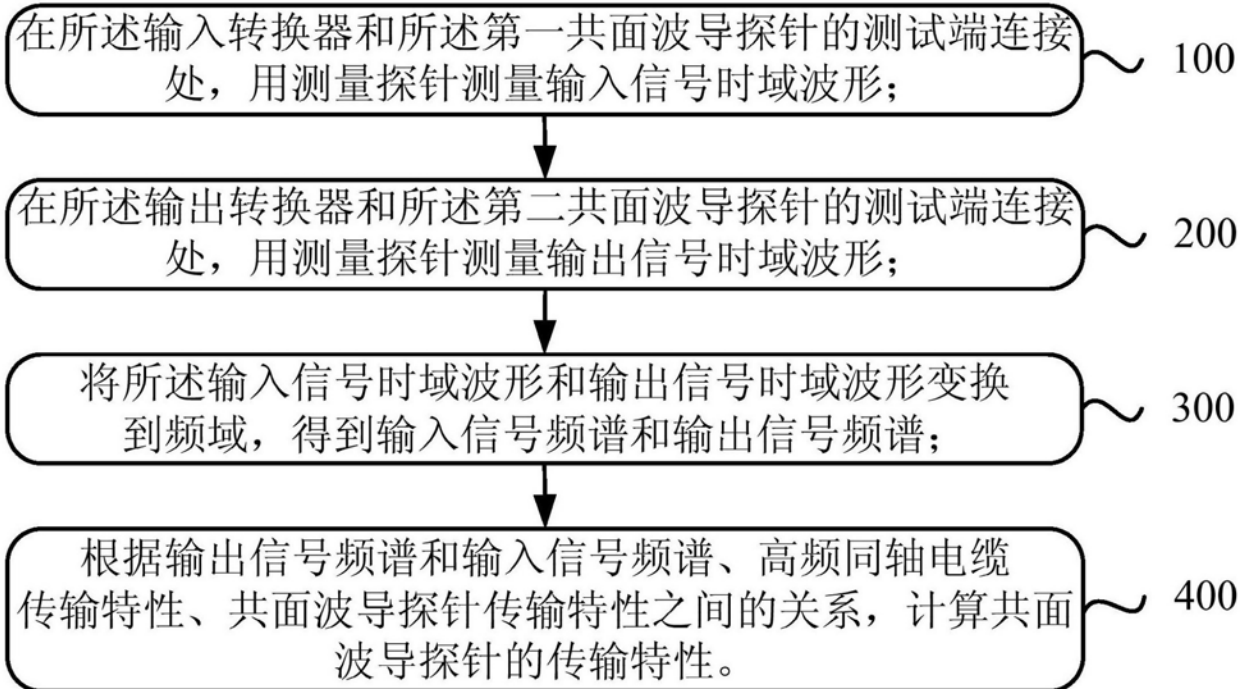


图7

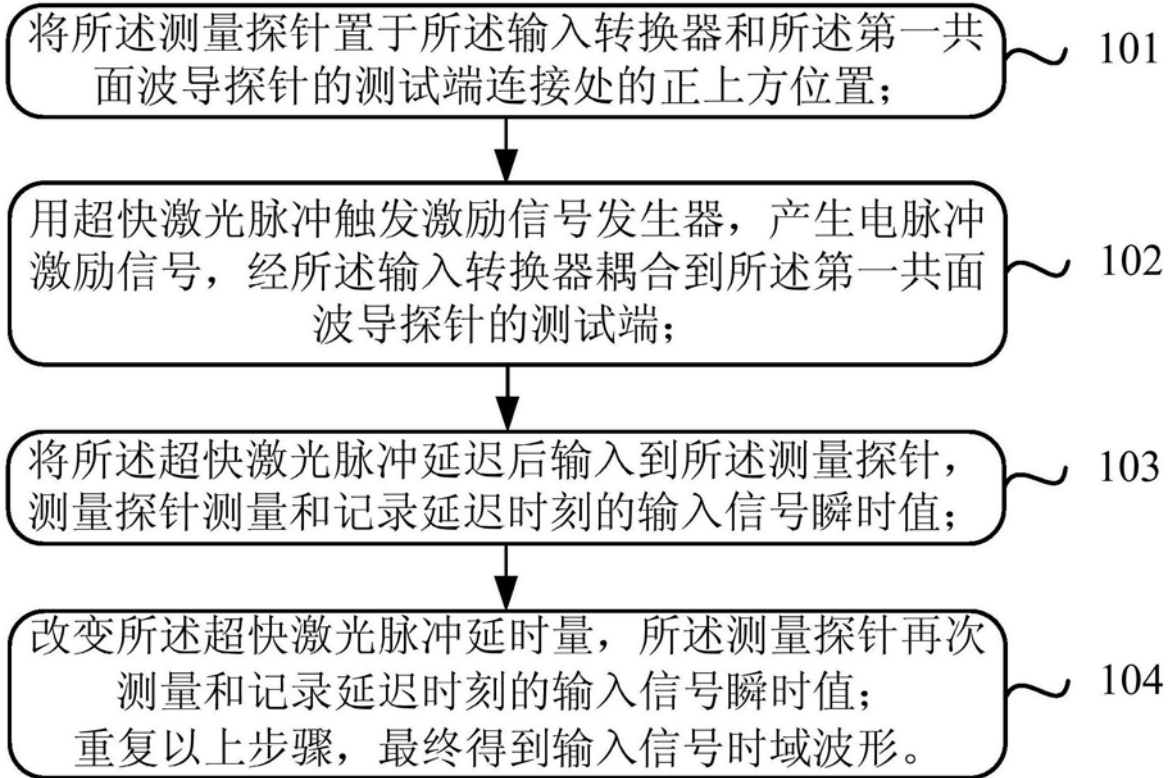


图8

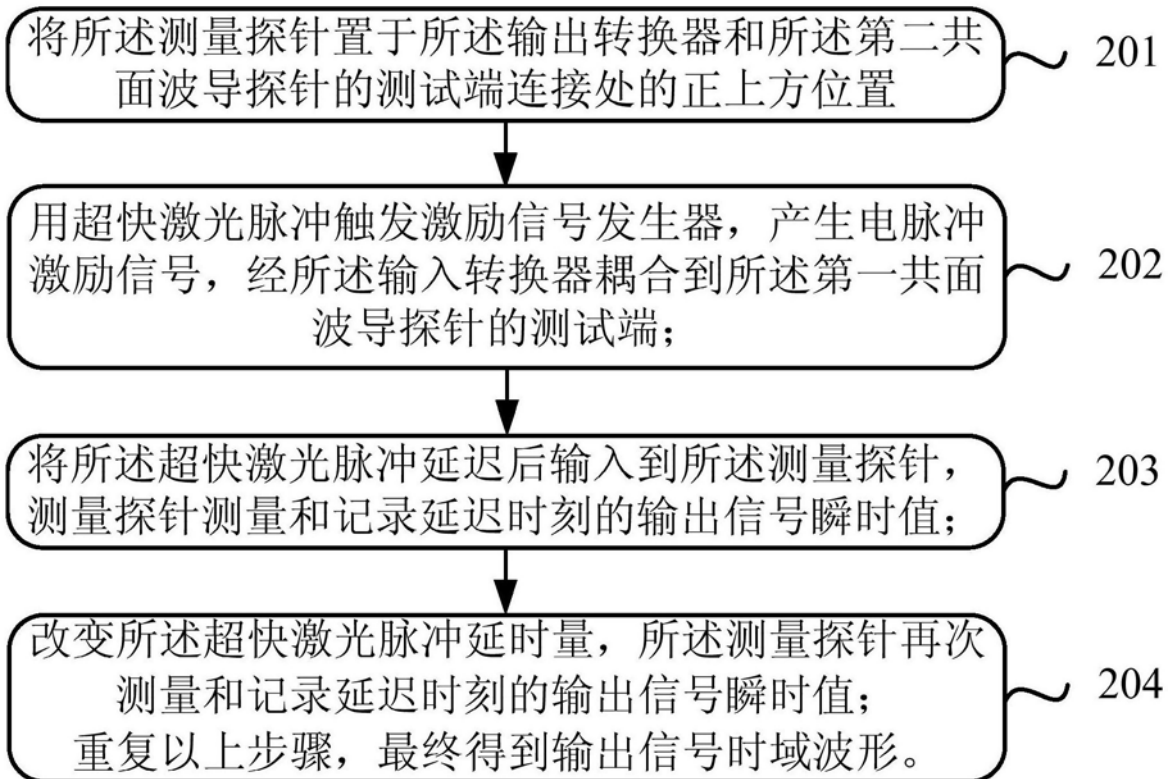


图9