



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101479614 B

(45) 授权公告日 2011. 10. 26

(21) 申请号 200780023964. 6

(22) 申请日 2007. 06. 19

(30) 优先权数据

102006030630. 9 2006. 07. 03 DE

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 12. 25

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2007/005393 2007. 06. 19

(87) PCT申请的公布数据

W02008/003399 DE 2008. 01. 10

(73) 专利权人 罗森伯格高频技术有限及两合公司

地址 德国弗里多尔芬

(72) 发明人 T·赛尔德

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所 11038

代理人 赵冰

(51) Int. Cl.

G01R 27/28(2006. 01)

G01R 35/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5608330 A, 1997. 03. 04, 全文.

审查员 时鹏

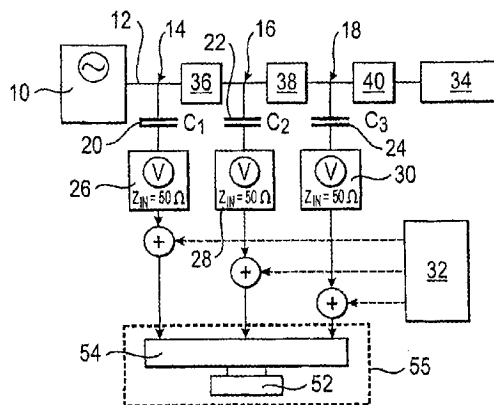
权利要求书 3 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

高频测量装置, 校准此装置的方法以及用此高频测量装置确定散射参数的方法

(57) 摘要

本发明涉及校准具有 N 个测试端口的高频测量装置的方法。对于 HF 测量装置的至少一个端口, 在至少三个相互间隔的耦合位置处耦出在第二电导上传送的 HF 信号, 并且对于此至少三个耦合位置中的每个成对组合用采用散射参数是已知的至少一个校准标准件作为测量对象的预定的校准方法对于 HF 测试信号的至少一个频率确定一个散射参数, 其中在 HF 测试信号的一个频率下对所有成对组合所确定的至少一个散射参数的值与已知校准标准件的该至少一个散射参数值进行比较, 并且这样的耦合位置成对组合作为该频率测量未知测量对象时优选采用的第一和第二耦合位置被存储, 在此组合下所确定的散射参数值与已知的校准标准件散射参数之间的差别最小。



1. 一种用于校准具有 N 个测试端口的高频测量装置的方法,其中 N 是大于等于 1 的整数,用来通过 n 端口测量确定测量对象的散射参数,其中 n 是大于等于 1 的整数,其中高频测试信号被馈入与测量对象或者与包含该测量对象的电路相连接的第一电导线中,其中对于每个端口,在第一耦合位置处并在与第一耦合位置相隔一定距离的第二耦合位置处从与测量对象相连接的第二电导线耦出在第二电导线上传送的高频信号,其中由每个端口中的两个在这两个耦合位置处耦出的高频信号分别按每个测量位置或耦合位置相对于第二电导线上朝测量对象前进的高频信号和第二电导线上离开测量对象前进的高频信号的高频测试信号确定幅度和 / 或相位,并由此计算出测量对象的散射参数,其特征在于,对于高频测量装置的至少一个端口,在至少三个相互间隔一定距离的耦合位置处耦出在第二电导线上传送的高频信号,其中对于所述至少三个耦合位置中的每个成对组合,用以散射参数是已知的至少一种校准标准件作为测量对象的预定的校准方法对高频测试信号的至少一个频率确定至少一个散射参数,对于所有的成对组合,在高频测试信号的一个频率下确定的至少一个散射参数的值与校准标准件的已知的该至少一个散射参数的值进行比较,其中以下的耦合位置成对组合作为该频率测量未知测量对象时优选采用的第一和第二测量位置被存储;即在这样的耦合位置组合下,所确定的散射参数的值与校准标准件的已知的散射参数之间的差值最小。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述高频测量装置是矢量网络分析仪。

3. 如权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述第二电导线是平面导线。

4. 如以上权利要求中任一项所述的方法,其特征在于,在耦合位置处高频信号的耦出无接触地实现。

5. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法,其特征在于,在耦合位置处高频信号的耦出是电容式耦合或电感式耦合,或者同时采用电容式和电感式耦合,或者借助于电光学测量方法、借助于力显微镜或借助于电磁测量方法实现。

6. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法,其特征在于,从第二电导线由至少两个耦合位置耦出的高频信号还借助至少一种数学运算和 / 或至少一种算法被合并到一起得到一个高频信号,然后在这个测试端口被传输至进一步的信号处理。

7. 如权利要求 6 所述的方法,其特征在于,从第二电导线由至少两个耦合位置耦出的高频信号通过相加或相减被合并到一起得到一个高频信号。

8. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法,其特征在于,使用一个测量探头,该测量探头顺序地被放置在多个耦合位置处。

9. 如权利要求 1 至 3 中任一项所述的方法,其特征在于,每个测量端口使用两个或更多个测量探头。

10. 如权利要求 9 所述的方法,其特征在于,每个测量端口使用数目对应于耦合位置数量的测量探头。

11. 如权利要求 10 所述的方法,其特征在于,在校准时确定并存储测量探头之间的数学关系。

12. 一种用于借助具有 N 个测试端口的高频测量装置确定测量对象的散射参数的方法,其中 N 是大于等于 1 的整数,所述高频测量装置按照权利要求 1 至 8 中至少一项所述方法被校准,其中采用 n 端口测量,n 是大于等于 1 的整数,其中高频测试信号被馈入与测量对

象或者与包含该测量对象的电路相连接的第一电导线中,其中对于每一端口,在与测试对象相连接的第二电导线的第二耦合位置处并在与第一耦合位置相隔一段距离的第二耦合位置处从第二电导线耦出在第二电导线上传送的高频信号,并且由每个端口中的两个在这两个耦合位置处耦出的高频信号分别按每个耦合位置相对于第二电导线上朝测量对象前进的高频信号和第二电导线上离开测量对象前进的高频信号的高频测试信号确定幅度和/或相位,并由此计算出测量对象的散射参数,其特征在于,对于高频测试信号的每一频率,在如权利要求 1 至 11 中至少一项所述校准方法中为该频率所存储的耦合位置的成对组合被选择作为所述第一和第二耦合位置。

13. 如权利要求 12 所述的方法,其特征在于,所述高频测量装置是矢量网络分析仪。

14. 如权利要求 12 或 13 所述的方法,其特征在于,所述第二电导线是平面导线。

15. 如权利要求 12 至 13 中任一项所述的方法,其特征在于,对于高频测试信号的每个频率,除了应用所存储的耦合位置成对组合确定散射参数外,还用了一个或多个耦合位置成对组合实现散射参数的确定,这些耦合位置成对组合在按照权利要求 1 至 11 中至少一项所述的校准中具有的被确定散射参数的值与校准标准件的已知的散射参数之间的差值仅比所存储的耦合位置成对组合大,其中根据对于相应的散射参数对高频测试信号的一个频率所确定的所有值计算相应散射参数的平均值。

16. 如权利要求 12 至 13 中任一项所述的方法,其特征在于,在未知测量对象上测量时,在校准时所确定的多个测量探头之间的数学关系被重新确定并与校准时所得到的值进行比较,并且根据其区别识别有缺陷的测量探头。

17. 一种用于确定测量对象的散射参数的高频测量装置,该测量装置具有 N 个测试端口,其中 N 是大于等于 1 的整数,并且具有用于产生高频测试信号的源 (10),此用于产生高频测试信号的源能够连接到与测量对象 (34) 相连接的第一电导线 (12,68,70),其特征在于,对于至少一个测试端口,设置了至少三个相互间隔的耦合位置 (14,16,18),用于耦出在与测量对象 (34) 相连接的第二电导线 (12,68,70) 上传送的高频信号。

18. 如权利要求 17 所述的高频测量装置,其特征在于,对于每个耦合位置 (14,16,18),设置了一个独立的、设置在相应耦合位置处的测量探头 (74,78)。

19. 如权利要求 17 所述的高频测量装置,其特征在于,对于每个测试端口,设置了一个单个的测量探头和用于把此测量探头移动到各耦合位置的装置。

20. 如权利要求 17 所述的高频测量装置,其特征在于,对于每个测试端口,设置了一定数量的测量探头,其数量大于等于 2 并小于等于耦合位置数减 1,其中所述高频测量装置具有至少一个用于把至少一个测量探头移动到不同耦合位置的装置。

21. 如权利要求 18 至 20 中任一项所述的高频测量装置,其特征在于,至少一个测量探头 (74,78) 被构造成无接触的或有接触的。

22. 如权利要求 17 至 20 中任一项所述的高频测量装置,其特征在于,所述高频测量装置是矢量网络分析仪。

23. 如权利要求 17 至 20 中任一项所述的高频测量装置,其特征在于,所述第二电导线 (12,68,70) 是平面导线。

24. 如权利要求 17 至 20 中任一项所述的高频测量装置,其特征在于,至少一个测量探头 (74,78) 被构造成电容式耦合的或电感式耦合的,或者采用同时电容式和电感式耦合,

或者借助于电光学测量方法、借助于力显微镜或借助于电磁测量方法实现耦合。

## 高频测量装置,校准此装置的方法以及用此高频测量装置 确定散射参数的方法

[0001] 本发明涉及一种用于校准具有 N 个测试端口的高频测量装置 (HF 测量装置) 的方法,其中 N 是大于等于 1 的整数,特别是涉及校准矢量网络分析仪的方法,用于借助 n 端口测量确定测量对象的散射参数,其中 n 是大于等于 1 的整数,其中高频测试信号 (HF 测试信号) 被馈入到与测量对象或者与包含该测量对象的电路相连接的第一电导线中,其中对于每个端口,由与此测量对象相连接的第二电导线、尤其是平面导线在第一耦合位置处以及在与第一耦合位置相隔一定距离的第二耦合位置处耦出经过第二电导线传送的高频信号 (HF 信号),其中由每个端口中的两个从这两个耦合位置处耦出的 HF 信号分别按每个测量位置或耦合位置相对于第二电导线上朝测量对象传送的 HF 信号的和第二电导线上离开测量对象的 HF 信号的 HF 测试信号确定幅度和 / 或相位,并由此计算出测量对象的散射参数,如权利要求 1 的前述部分所述。

[0002] 本发明还涉及一种用于借助于具有 N 个测试端口、其中 N 是大于等于 1 的整数的高频测量装置 (HF 测量装置) 通过 n 端口测量、其中 n 是大于等于 1 的整数确定测量对象的散射参数的方法,其中高频测试信号 (HF 测试信号) 被馈入到与测量对象或者与包含该测量对象的电路相连接的第一电导线中,其中对于每个端口,由与此测量对象相连接的第二电导线、尤其是平面导线在第一耦合位置处以及在与第一耦合位置相隔一定距离的第二耦合位置处耦出经过第二电导线传送的高频信号 (HF 信号),其中由每个端口中的两个在这两个耦合位置处耦出的 HF 信号分别按每个测量位置或耦合位置相对于第二电导线上朝测量对象传送的 HF 信号的和第二电导线上离开测量对象前进的 HF 信号的 HF 测试信号确定幅度和 / 或相位,并由此计算出测量对象的散射参数,如权利要求 12 的前述部分所述。

[0003] 本发明最后还涉及一种用于确定测量对象的散射参数的 HF 测量装置,特别是矢量网络分析仪,它具有 N 个测试端口,其中 N 是大于等于 1 的整数,并具有 HF 测试信号源,它可连接到与测量对象相连接的第一电导线,如权利要求 17 的前述部分所述。

[0004] DE10308280A1 公开了一种用于校准 HF 测量装置的方法,用于确定散射参数的方法和这种 HF 测量装置。在开发由多个子电路组成的复杂平面微波电路时对每个子电路分开地确定其散射参数是有益的。这样可以独立地分析和检查不同子电路的效率。这可以有用地用无接触测量方法实现。借助于无接触测量探头,平面电传输线上待测测量对象 (DUT 即 Device Under Test) 之前和之后的部分复信号能量被耦出并传送到接收机。然后由这个耦出的信号计算出散射参数。然而,这种测量系统的系统动态特性很大程度上依赖于两个无接触测量探头之间的距离。因此这种测量系统只能用于窄的频带中。

[0005] 本发明的目的在于给出一种上述类型的方法和 HF 测量装置,它们能够在大的带宽上改善测量精度。

[0006] 按照本发明,上述任务由具有权利要求 1 所述特征的上述类型的校准方法、具有权利要求 12 所述特征的上述类型的用于确定散射参数的方法以及具有权利要求 17 所述特征的上述类型的 HF 测量装置完成。其它权利要求描述了本发明具有优点的实施例。

[0007] 按照本发明,在上述类型的校正方法中,对于 HF 测量装置的至少一个端口,在至

少三个相互间隔开的耦合位置处耦出在第二电导线上传送的 HF 信号,其中对于所述至少三个耦合位置的每对组合,用以散射参数是已知的至少一种校准标准件作为测量对象的预定的校准方法对 HF 测试信号的至少一个频率确定至少一个散射参数,其中对于所有的成对组合,在 HF 测试信号的一个频率下确定的至少一个散射参数值与校准标准件的已知的至少一个散射参数值进行比较,其中这样的耦合位置成对组合作为该频率测量未知测量对象时优选采用的第一和第二测量位置被存储,在这样的耦合位置组合下所确定的散射参数值与校准标准件的已知的散射参数之间的差别最小。

[0008] 上述方法的优点在于,得到了更优的宽带测量动态特性,因为用于测量散射参数的第一和第二耦合位置总是如此从三个或更多的现有耦合位置中选出,使得测量值偏离实际值最小,即测量误差被尽可能减小。

[0009] 例如采用校准标准件“短路件(short)”、“开路件(open)”和“负载(load)”的 SOL 方法或者 8 项方法或 12 项方法或多端口校准方法被用作校准方法。作为替代, SOLT, LLR, TRM, TAN, TLN 或 LNN 方法也可用作校准方法。

[0010] 为了实现测量对测量对象的电特性的影响尽可能小,在耦合位置处 HF 信号的耦合最好是无接触的,例如电容式耦合或电感式耦合,或者同时采用电容式和电感式耦合,或者借助于电子光学的测量方法、借助于力显微镜或借助于电磁测量方法实现。按照本发明,用来确定电磁波幅度和相位的各种无接触和 / 或有接触的方法都是适用的。

[0011] 可以通过简单的方法获得另一个附加耦合位置:例如从第二电导线由至少两个耦合位置耦出的 HF 信号借助于至少一种数学运算和 / 或至少一种算法被合并到一起,得到一个 HF 信号,特别是通过相加或相减来合并,然后在这个测试端口处被传输至进一步的后续信号处理。

[0012] 在一个示例性的实施方式中应用一个测量探头,它被顺序地放置在耦合位置处。

[0013] 在另一个替代实施方式中,每个测试端口应用两个或更多个、尤其是数目与耦合位置数相对应的测量探头。

[0014] 为了在对未知测量对象进行测量时进行后续的误差分析,在校准时测量探头之间的数学关系被确定并被存储。

[0015] 按照本发明,在上述类型的测量方法中,对于 HF 测试信号的每一频率,在前面所述校准方法中针对该频率所存储的耦合位置成对组合被选择作为第一和第二耦合位置。

[0016] 此测量方法的优点在于,对于大的带宽提高了测量精度。

[0017] 测量结果精度的进一步改善可以如此实现:对于 HF 测试信号的每一频率,除了应用已存储的耦合位置成对组合确定散射参数外,还用一或多个耦合位置成对组合进行散射参数的确定,这些耦合位置成对组合在按权利要求 1 至 11 中至少一项所述的校准方法中具有的被确定散射参数值与已知校准标准件散射参数之间的差别仅比所存储的耦合位置成对组合大,其中根据对于 HF 测试信号的一个频率所确定的相应散射参数的所有值,计算出针对该相应散射参数的平均值。这样减小了例如由于相对于进行校准时错误定位的耦合位置引起的测量误差的影响。

[0018] 为了检测有缺陷的测量探头,在对未知测量对象测量时,在校准时所确定的多个测量探头之间的数学关系被重新确定并与在校准时所得到的值进行比较,并且根据其区别识别有缺陷的测量探头。

[0019] 按照本发明,在上述类型的 HF 测量装置中,对于至少一个测试端口设置了至少三个相互间隔开的耦合位置,用于耦出在与测量对象相连接的第二电导体、尤其是平面导线上传送的 HF 信号。

[0020] 上述 HF 测量装置的优点在于,对于每次测量可以选择相应的耦合位置对,此位置对具有小的测量误差。

[0021] 在一个优选的实施方式中,对于每一耦合位置设置了一个独立的、放置在相应耦合位置处的测量探头。

[0022] 在另一个作为替代的实施方式中,对于每个测试端口设置了一个单个的测量探头和用于把测量探头移动到耦合位置的装置。

[0023] 在另一个作为替代的实施方式中,对于每个测试端口设置了一定数量的测量探头,其数目大于等于 2 并小于等于耦合位置数减 1,其中此 HF 测量装置具有至少一个用于把至少一个测量探头移动到不同耦合位置的装置。

[0024] 例如至少一个测量探头被构造成无接触的或有接触的测量探头。

[0025] 在一个优选的实施方式中,至少一个测量探头被结构成电容式耦合或电感式耦合,或者同时采用电容式和电感式耦合,或者借助于电光学方法,或者借助于力显微镜或借助于电磁测量方法实现耦出。

[0026] 下面借助附图详细说明本发明。附图中:

[0027] 图 1 示出根据本发明的单端口测量的仿真模型,

[0028] 图 2 示出对不同的耦合位置对的系统动态特性曲线,

[0029] 图 3 示出在根据本发明的系统校准之后的系统动态特性曲线,

[0030] 图 4 示出根据本发明的具有两端口矢量网络分析仪的 HF 测量装置的第一优选实施方式的简要电路图,以及

[0031] 图 5 示出根据本发明的具有四端口矢量网络分析仪的 HF 测量装置的第二优选实施方式的简要电路图。

[0032] 图 1 所示的本发明所述单端口测量的仿真模型包括信号源 10,它将功率电平为 1dBm 的 HF 测试信号馈送到无损  $50\ \Omega$  传输线形式的电导线 12 中。在三个耦合位置 14,16,18 处的无接触的、在本例中为电容式耦合通过三个理想的电容器 20,22,24 表示。在耦合位置 14,16,18 处的电容式耦合只是作为示例。也可以应用电感式耦合,或者应用电容式耦合与电感式耦合的混合或其它耦合方式。耦出的电压在以测量位置  $m_1$ 26, $m_2$ 28 和  $m_3$ 30 形式表示的接收机处借助于  $50\ \Omega$  系统被确定。高斯白噪声 (WGN,即 White Gaussian Noise) 发生器 32 在测量位置  $m_1$ 26,  $m_2$ 28 和  $m_3$ 30 后面通过已知的方式以典型的  $-118\text{dBm}$  和  $50\ \Omega$  耦入。测量对象 34,也称作 DUT(Device Under Test) 与电导线 12 相连接。第一耦合位置 14 与第二耦合位置 16 之间的电导线 12 的第一段 36 具有长度  $l_1$ ,第二耦合位置 16 与第三耦合位置 18 之间的电导线 12 的第二段 38 具有长度  $l_2$ ,且第三耦合位置 18 与测量对象 34 之间的电导线 12 的第三段 40 具有长度  $l_3$ 。例如电导线 12 的上述段 36,38 具有长度  $l_1 = 22\text{mm}$  和  $l_2 = 78\text{mm}$ ,即第一和第二耦合位置 14,16 之间的间距值为  $22\text{mm}$ ,第二和第三耦合位置 16,18 之间的间距值为  $78\text{mm}$ ,这样对于第一和第三耦合位置 14,18 之间的间距,得到电导线 12 的长度为  $l_1+l_2 = 100\text{mm}$ 。在附图标记 52 处进行常规的校准,例如 SOL 校准。在附图标记 54 处进行 HF 测量装置的其它校准,如下面所述:

[0033] 首先对耦合位置 14, 16, 18 中的三种可能的成对组合中的每一种组合用 50  $\Omega$  标准负载 (“load”)、短路标准件 (“short”) 和开路标准件 (“open”) 进行常规的 SOL 校准。这仅仅是示例, 也可以应用其它的校准方法。接着对于耦合位置 14, 16, 18 中的每种成对组合, 针对 50  $\Omega$  标准校准负载确定散射参数  $S_{11}$  的值。这也仅仅是示例, 也可以用其它散射参数和其它校准标准件。重要的是对于作为 DUT 应用的校准标准件, 所测得的散射参数的期望值是已知的。在上述情况下, “标准负载” 作为 DUT,  $|S_{11}|$  以 dB 为单位表示的值应有尽可能低的数值, 因为在理想情况下在 “标准负载” 上不出现反射。

[0034] 图 2 是对同一个电容式测量探头在测量位置 14, 16, 18 处用 50  $\Omega$  标准校准负载 (“load”) 作为 DUT 时得到的曲线, 垂直轴 42 表示仿真得到的散射参数  $|S_{11}|$ , 单位为 dB (等效于测得的散射参数), 水平轴 44 表示频率, 以 GHz 为单位。此图代表仿真得到的系统动态特性。图中第一根曲线 46 为应用第一和第二耦合位置 14, 16 时, 即对于测量位置  $m_1 26$  和  $m_2 28$ ,  $|S_{11}|$  分贝值与频率的关系曲线, 第二根曲线 48 为应用第二和第三耦合位置 16, 18 时, 即对于测量位置  $m_2 28$  和  $m_3 30$ ,  $|S_{11}|$  分贝值与频率的关系曲线, 以及第三根曲线 50 为应用第一和第三耦合位置 14, 18 时, 即对于测量位置  $m_1 26$  和  $m_3 30$ ,  $|S_{11}|$  分贝值与频率的关系曲线。在耦合位置 14, 16 和 18 之间的间距  $l_1$  和  $l_2$  如此选择, 使得曲线 46, 48 和 50 的最大值位置不重叠。为了校准此系统, 现在对每一个频率点确定相应的耦合位置 14, 16, 18 成对组合, 对于此成对组合散射参数  $|S_{11}|$  分贝值与  $|S_{11}|$  的期望分贝值之间有最小的间距, 即最小的差值。这些耦合位置对作为对相应频率点的优选耦合位置对被存储, 并且在以后测量未知的测量对象或 DUT 时应用于相应的频率点。此方法在后面被称作 “差异性校准”。相应地在 52 中进行 SOL 校准, 在 54 中进行差异性校准。总体上用 55 表示 DSOL 校准, 即差异性 SOL 校准。

[0035] 图 3 示出由上述差异性校准 (仿真) 得到的系统动态特性。垂直轴 42 表示散射参数  $|S_{11}|$ , 单位为 dB, 水平轴 44 表示频率, 以 GHz 为单位。可以明显地看到, 经过差异性校准, 系统动态特性在原来较差的频率处得到大大的改善。通过有效地选择耦合位置 14, 16 和 18 的间距可以在 6.8GHz 处获得 70dB 的增益。此外差异性校准导致测量设备可用频率范围的扩展。

[0036] 图 4 举例示出根据本发明的基于两端口矢量网络分析仪 56 的 HF 测量装置的第一优选实施方式。两端口矢量网络分析仪 56 包括用于产生 HF 测试信号的信号源, 第一开关 58 和四个测量位置  $m_1 60, m_2 62, m_3 64$  和  $m_4 66$ , 每个测试端口对应两个测量位置。第一开关 58 有选择性地将信号源 10 与位于前面和后面的平面导线 68, 70 形式的电导线相连接, 平面导线 68, 70 以不同侧引至 DUT 34, 使得测试信号可在 DUT 34 的前面和后面被耦入。为了在两端口矢量网络分析仪 56 内部耦出电导线 12 上的前向波和反向波, 测量位置  $m_1 60, m_2 62, m_3 64$  和  $m_4 66$  与两端口矢量网络分析仪 56 的内部结构的连接是分开的。而第一和第二测量位置  $m_1 60, m_2 62$  通过第二开关 72 与分配给两端口矢量网络分析仪 56 的第一个端口的 5 个测量探头 74 可选地连接, 使得测量探头 74 中的一个与第一测量位置  $m_1 60$  相连接, 测量探头 74 中的另一个与第二测量位置  $m_2 62$  相连接。类似地, 设置了第三开关 76, 它有选择性地将分配给两端口矢量网络分析仪 56 的第二个端口的另外 5 个测量探头 78 与第三和第四测量位置  $m_3 64, m_4 66$  相连接, 使得测量探头 78 中的一个与第三测量位置  $m_3 64$  相连接, 而测量探头 78 中的另一个与第四测量位置  $m_4 66$  相连接。开关 72, 76 以及测量探头 74, 78 分别设置在

一个基片 80 上。分配给两端口矢量网络分析仪 56 的第一个端口的测量探头 74 被放置在前面的平面导线 68 附近,以便在不同的耦合位置处从前面的平面导线 68 耦出 HF 信号,而分配给两端口矢量网络分析仪 56 的第二个端口的测量探头 78 被放置在后面的平面导线 70 附近,以便在不同的耦合位置处从后面的平面导线 70 耦出 HF 信号。开关 72,76 实现对耦合位置成对配置的选择,测量探头 74 和 78 位于这些耦合位置处。控制装置 82,特别是计算机,控制两端口矢量网络分析仪 56,并通过电压源 84 控制开关 72 和 76。

[0037] 图 5 举例示出根据本发明的基于四端口矢量网络分析仪 90 的 HF 测量装置的第二优选实施方式。四端口矢量网络分析仪 90 包括用于产生 HF 测试信号的信号源 10,第一开关 58 和 8 个测量位置  $m_1$ 92,  $m_2$ 94,  $m_3$ 96,  $m_4$ 98,  $m_5$ 100,  $m_6$ 102,  $m_7$ 104 和  $m_8$ 106,每个测试端口对应两个测试位置。前 4 个测量位置  $m_1$ 92,  $m_2$ 94,  $m_3$ 96 和  $m_4$ 98 分别与测量探头 74 中的一个相连接,这些测量探头被设置在前面的平面导线 68 处的耦合位置处。另外四个测量位置  $m_5$ 100,  $m_6$ 102,  $m_7$ 104 和  $m_8$ 106 分别与测量探头 78 中的一个相连接,这些测量探头被设置在后面的平面导线 70 处的耦合位置处。通过应用这八个测量位置  $m_1$ 92,  $m_2$ 94,  $m_3$ 96,  $m_4$ 98,  $m_5$ 100,  $m_6$ 102,  $m_7$ 104 和  $m_8$ 106,可以省去图 4 所示实施方式中的第二和第三开关。这里耦合位置对或每两个测量探头 74 或 78 的选择在四端口矢量网络分析仪 90 内部实现,即差异性校准在网络分析仪中进行。

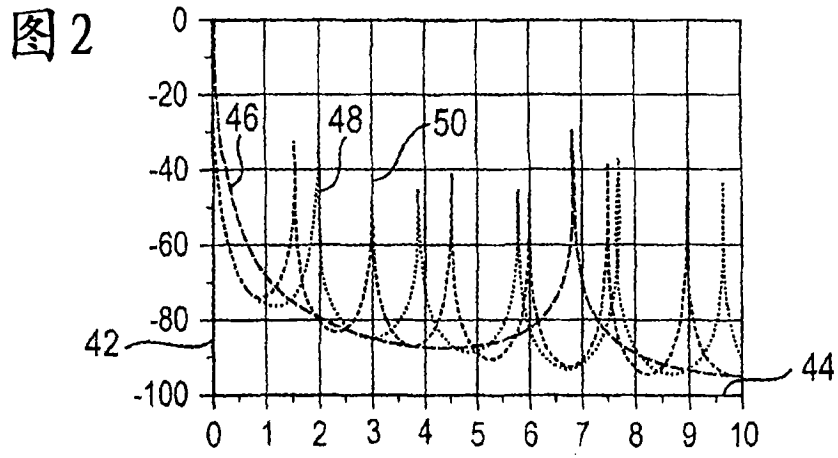
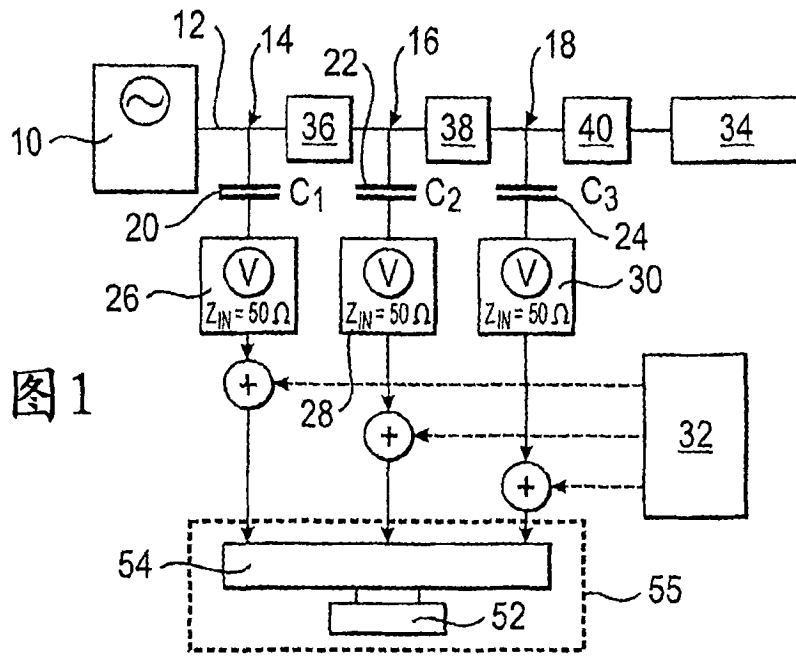
[0038] 每个测量端口应用多于两个的测量探头显示了无接触网络分析方法的改进。通过增加测量探头所获得的冗余被用来改善动态特性,从而可形成宽带的测量系统。为此在进行差异性校准时对每种可能的测量探头组合进行一次常规的校准。在此校准之后,在被校准的参考阻抗、例如标准负载或校准线上反过来针对每个探头成对组合进行测量。由校准的测试结果可以推断出动态特性。在程序内部现在针对每个频率点比较每种测量探头组合的动态范围。分别选择出具有最大的测量动态特性的探头对。对于每个频率点选出的探头对被存储在存储器中,并被用于未知测量对象的测量。

[0039] 此外在无接触差异性测量系统中也可选用其它的优化标准,例如为了提高测量精度而利用附加的探头对组合的冗余性。例如在其中多个测量探头对具有相近动态特性的频率范围中,针对一次测量的测量探头测量结果被平均。这样减小了例如由测量探头错误定位这样的测量误差造成的影响。

[0040] 此外冗余性可用来识别有缺陷的或错误定位的测量探头。如果一个有缺陷的探头被识别出来,它可以通过电子方式被排除不再用于测量,或者可以把故障情况呈现给用户。为了检测出有缺陷的测量探头,例如在校准时确定测量探头之间的数学关系。然后在每次测量未知测量对象时检查是否符合此数学关系。

[0041] 测量探头的实施方式是任意的。探头可以实现为平面的或三维的,其中探头不必是相同的。具有不同耦合形式的测量探头可以被组合使用。为了结构紧凑,最好采用在基片上的平面设计。

[0042] 一个耦合位置也可以理解为多个探头的组合(例如两个探头测量位置的合成)。对于每一个频率点,选择例如在动态特性、测量精度等方面最适合于测量使用的探头对。这种选择在反过来测量已知标准件、例如标准负载时进行。



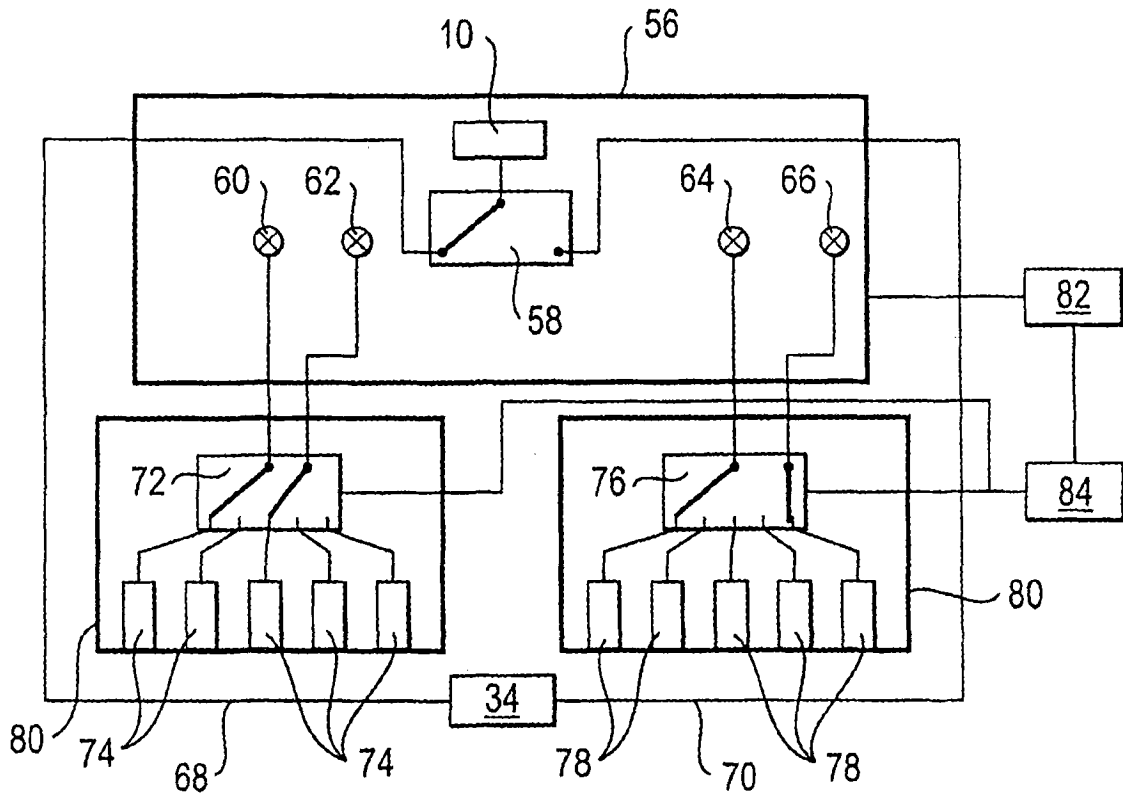
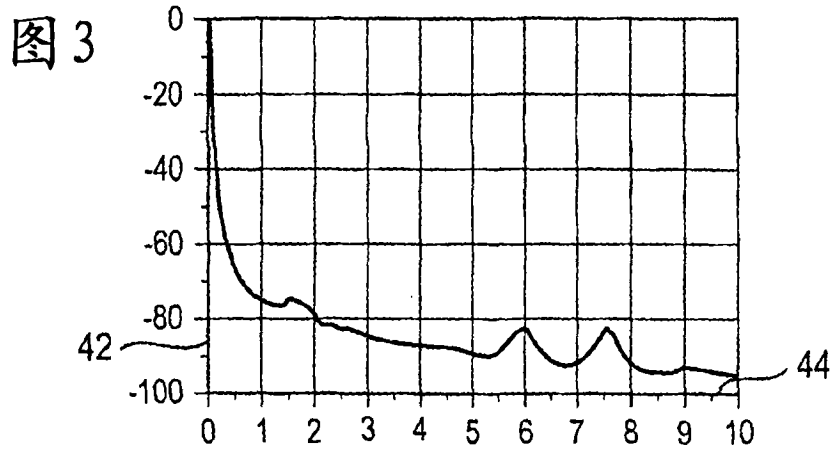


图 4

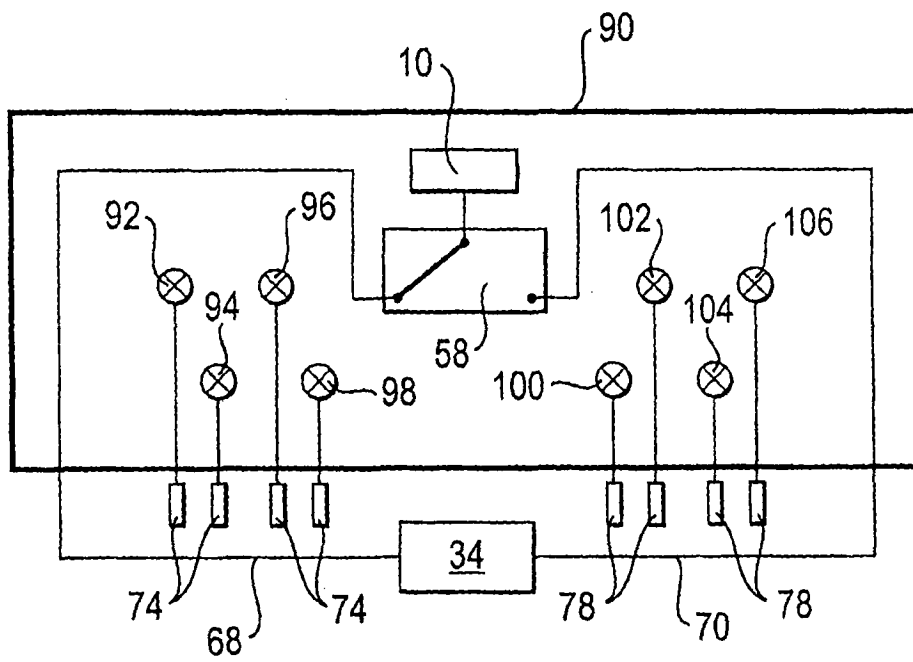


图 5