

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580042838.6

[51] Int. Cl.

G01R 31/28 (2006.01)

H01R 13/646 (2006.01)

G01R 1/06 (2006.01)

H01B 17/58 (2006.01)

[45] 授权公告日 2010 年 3 月 10 日

[11] 授权公告号 CN 100593726C

[22] 申请日 2005.12.9

[21] 申请号 200580042838.6

[30] 优先权

[32] 2004.12.13 [33] US [31] 60/635,642

[86] 国际申请 PCT/US2005/044730 2005.12.9

[87] 国际公布 WO2006/065669 英 2006.6.22

[85] 进入国家阶段日期 2007.6.13

[73] 专利权人 英特斯特公司

地址 美国新泽西

[72] 发明人 W·M·布鲁克斯 A·乌

[56] 参考文献

US3437960A 1969.4.8

CN1501870A 2004.6.2

WO02/07265A1 2002.1.24

审查员 苗文

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 覃鸣燕

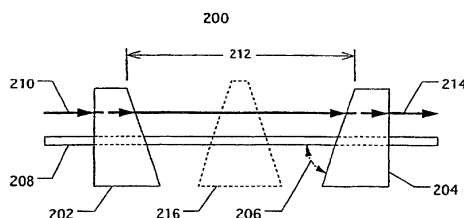
权利要求书 8 页 说明书 12 页 附图 8 页

[54] 发明名称

具有减小的反射的信号模块

[57] 摘要

提供了与电子设备进行电气接口连接的信号模块和方法，该信号模块包括：电介质和延伸穿过所述电介质的表面的导线。该表面远离相对于所述导线的轴的垂直线，且基于由于信号流过所述导线所产生的电磁场来定位所述表面。



1、一种用于与电子设备进行电接口连接的信号模块，所述信号模块包括：

导线，用于承载电磁信号；以及

电介质材料的固体支撑体，该固体支撑体具有垂直于所述导线的轴的表面，所述固体支撑体具有关于所述轴对称的沉孔，所述沉孔具有在所述表面上的底边和在所述固体支撑体内的顶点，所述沉孔设置成相对于所述轴的成一斜角；

其中所述导线经由所述沉孔的所述顶点延伸穿过所述固体支撑体。

2、如权利要求1所述的信号模块，其中所述固体支撑体是多个固体支撑体之一，所述多个固体支撑体在沿着所述导线的轴的方向上彼此隔开。

3、如权利要求1所述的信号模块，其中所述电介质材料具有在DC到30GHz的频率范围上的小于0.1的损耗角正切。

4、如权利要求1所述的信号模块，其中所述电介质材料具有1到5之间的介电常数，且该介电常数在DC到30GHz的频率范围上保持不变。

5、如权利要求1所述的信号模块，其中所述导线是至少铜、黄铜、黄铜合金、铝、银、石墨和金中之一。

6、如权利要求1所述的信号模块，其中所述导线由具有低的损耗角正切和稳定的介电常数的介质围绕。

7、如权利要求1所述的信号模块，其中所述导线是传输线。

8、如权利要求 7 所述的信号模块，其中所述传输线是伪同轴传输线。

9、如权利要求 1 所述的信号模块，其中所述导线是多个导线之一，其中所述导线彼此间隔开且延伸穿过所述固体支撑体。

10、如权利要求 1 所述的信号模块，其中所述导线承载所述电磁信号，且所述电磁信号是沿所述导线的轴传播的电磁波。

11、如权利要求 10 所述的信号模块，其中所述沉孔基于对应于所述电磁波的电场矢量取向。

12、如权利要求 11 所述的信号模块，其中所述电场矢量是平面的。

13、如权利要求 11 所述的信号模块，其中所述电场矢量是扭曲的。

14、如权利要求 11 所述的信号模块，其中所述斜角是使得固体支撑体的所述表面处基本不存在所述电磁波的反射的角度。

15、如权利要求 14 所述的信号模块，其中所述斜角是根据布儒斯特角计算出的，其中所述布儒斯特角对应于围绕所述导线的介质的介电常数和所述固体支撑体的介电常数，且所述斜角针对所述电场矢量的扭曲而被修改。

16、如权利要求 15 所述的信号模块，其中所述斜角位于围绕所述导线的所述介质和所述固体支撑体之间的边界处。

17、如权利要求 16 所述的信号模块，其中所述斜角提供在所述导线和所述固体支撑体之间的边界处的电磁阻抗匹配。

18、如权利要求 14 所述的信号模块，其中所述斜角提供基本上与耦合到所述信号模块的所述电气设备的特性阻抗相匹配的特性阻抗。

19、如权利要求 14 所述的信号模块，所述固体支撑体的表面是多个表面之一，其中所述多个表面具有各自的斜角。

20、如权利要求 14 所述的信号模块，其中所述斜角是用于相应的多个导线的多个斜角之一，其中用于所述相应的多个导线中至少之一的所述斜角不同于用于其他相应导线的斜角。

21、如权利要求 20 所述的信号模块，其中所述电磁信号是多个电磁信号之一，所述多个导线用于经由所述相应的多个导线传输所述多个电磁信号，其中经由所述相应的多个导线传输的所述多个电磁信号中至少之一不同于经由其他相应导线传输的电磁信号。

22、如权利要求 21 所述的信号模块，其中经由所述相应的多个导线传输的所述多个电磁信号中至少之一在与经由其他相应导线传输的电磁信号相反的方向上传播。

23、如权利要求 14 所述的信号模块，其中所述斜角是用于相应的多个导线的多个斜角之一，所述多个斜角提供对所述相应的多个电磁信号间串扰的实质上的降低。

24、一种传输电磁信号的方法，所述方法包括：

- a) 提供信号模块，该信号模块包括
导线，用于承载所述电磁信号；以及

电介质材料的固体支撑体，该固体支撑体具有垂直于所述导线的轴的表面，所述固体支撑体具有关于所述轴对称的沉孔，所述沉孔具有在所述表面上的底边和在所述固体支撑体内的顶点，所述沉孔设置成相对于所述轴成一斜角，所述导线经由所述沉孔的所述顶点延伸穿过所述固体支撑体；

b) 向所述信号模块中的所述导线的一端提供所述电磁信号；以及

c) 经由所述导线传输所述电磁信号。

25、如权利要求 24 所述的方法，其中所述固体支撑体为多个固体支撑体之一，所述多个固体支撑体在沿着所述导线的轴的方向上彼此隔开，从而在步骤 c)中所述电磁信号经由所述多个固体支撑体传输。

26、如权利要求 24 所述的方法，其中所述导线是多个导线之一，其中所述多个导线彼此间隔开且延伸穿过所述固体支撑体，所述电磁信号是分别经由所述多个导线传输的多个电磁信号之一。

27、如权利要求 26 所述的方法，其中经由所述多个导线传输的所述多个电磁信号中至少之一在与经由其他相应导线传输的电磁信号相反的方向上传播。

28、如权利要求 24 所述的方法，其中向所述导线的一端提供所述电磁信号的步骤包括提供包含沿着所述导线的所述轴传播的电磁波的电磁信号。

29、如权利要求 28 所述的方法，其中所述沉孔基于与所述电磁波相对应的电场矢量取向，从而在步骤 c)中所述电磁信号经由所述固体支撑体传输。

30、如权利要求 29 所述的方法，还包括提供所述电场矢量是平面的所述电磁信号的步骤。

31、如权利要求 29 所述的方法，还包括提供所述电场矢量是扭曲的所述电磁信号。

32、如权利要求 28 所述的方法，其中所述斜角是使得所述固体支撑体的表面处基本上不存在所述电磁波的反射的角度。

33、如权利要求 32 所述的方法，还包括根据布儒斯特角计算所述斜角的步骤，所述布儒斯特角对应于围绕所述导线的介质的介电常数和所述固体支撑体的介电常数，所述斜角针对所述电场矢量的扭曲而被修改。

34、如权利要求 32 所述的方法，所述固体支撑体的表面是多个表面之一，其中所述多个表面具有相应的多个斜角，从而在步骤 c) 中所述电磁信号经由所述固体支撑体传输。

35、如权利要求 33 所述的方法，所述斜角为在所述固体支撑体和围绕所述导线的介质之间的边界处传输的电磁信号提供电磁阻抗匹配。

36、如权利要求 32 所述的方法，其中所述斜角提供特性阻抗，从而使得经由所述导线传输的所述电磁信号的特性阻抗基本上与耦合到所述导线的第二端的电气设备的特性阻抗相匹配。

37、如权利要求 32 所述的方法，其中所述斜角是用于相应的多个导线的多个斜角之一，其中用于所述相应的多个导线中至少之一的所述多个斜角的至少之一不同于用于其他相应导线的斜角，所述电磁信号分别是经由所述多个导线传输的多个电磁信号之一。

38、如权利要求 32 所述的方法，其中所述斜角是用于相应的多个导线的多个斜角之一，所述电磁信号分别是经由所述多个导线传输的多个电磁信号之一，其中所述斜角提供了所述相应的多个电磁信号间串扰的实质上的降低。

39、一种信号连接器，包括：

导线，用于承载电磁信号；以及

电介质材料的固体支撑体，该固体支撑体具有在第一表面和与所述第一表面相对的第二表面的每一个中提供的沉孔，所述第一表面和所述第二表面垂直于所述导线的轴，每个沉孔关于所述轴对称，每个沉孔分别具有在所述第一表面和所述第二表面上的底边和在所述固体支撑体内的顶点，每个沉孔设置成相对于所述轴成一斜角；

其中所述导线被设置成穿过所述固体支撑体，且分别延伸穿过所述第一表面的所述沉孔的顶点和所述第二表面的所述沉孔的顶点。

40、如权利要求 39 所述的信号连接器，其中所述固体支撑体为多个固体支撑体之一，所述多个固体支撑体在沿着所述导线的轴的方向上彼此隔开。

41、如权利要求 39 所述的信号连接器，其中所述导线是传输线。

42、如权利要求 41 所述的信号连接器，其中所述传输线是伪同轴传输线，所述伪同轴传输线包括用于承载电磁信号的信号承载导线和围绕所述信号承载导线的多个导线，所述多个导线中的每一个电接地。

43、如权利要求 39 所述的信号连接器，其中所述导线承载所述电磁信号，且所述电磁信号是沿着所述导线的轴传播的电磁波，所述斜角是使得所述固体支撑体的所述第一和第二表面处基本上不存在

所述电磁波的反射的角度。

44、如权利要求 43 所述的信号连接器，其中所述电磁波包括电场矢量，所述斜角是根据布儒斯特角计算出的，所述布儒斯特角对应于围绕所述导线的介质的介电常数和所述固体支撑体的介电常数，且所述斜角针对所述电场矢量的扭曲而被修改。

45、如权利要求 44 所述的信号连接器，其中所述斜角提供了在围绕所述导线的介质和所述固体支撑体之间的相应边界处的电磁阻抗匹配。

46、如权利要求 43 所述的信号连接器，其中所述斜角提供了基本上与耦合到所述信号连接器的电气设备的特性阻抗相匹配的特性阻抗。

47、一种信号模块，包括：

多个导线，至少一个导线用于承载电磁信号；以及

电介质材料的至少一个支撑体，所述至少一个支撑体具有在第一表面和与所述第一表面相对的第二表面中的每一个中提供的多个沉孔；

其中所述多个导线被设置成穿过所述至少一个支撑体，且分别延伸穿过所述支撑体的所述第一表面的所述多个沉孔和所述支撑体的所述第二表面的所述多个沉孔，且

所述沉孔中的每一个设置成相对于所述多个导线中相应的一个导线的轴成一斜角。

48、如权利要求 47 所述的信号模块，所述至少一个支撑体包括第一固定器盖和第二固定器盖。

49、如权利要求 48 所述的信号模块，还包括置于所述第一和第

二固定器盖之间的电介质材料的垫片，所述垫片包括：

多个垫片沉孔，提供在所述垫片的第一表面和与所述第一表面相对的第二表面中的每一个中，所述多个垫片沉孔对应于所述第一和第二固定器盖的所述多个沉孔；

其中，所述多个导线被设置成穿过所述垫片，且分别延伸穿过所述垫片的第一表面的所述多个垫片沉孔和所述垫片的第二表面的所述多个垫片沉孔。

50、如权利要求 47 所述的信号模块，其中所述电磁信号是沿相应的导线的轴传播的电磁波，所述斜角是使得在所述相应的沉孔处基本上不存在所述电磁波的反射的角度。

51、如权利要求 50 所述的信号模块，其中所述斜角在围绕所述多个导线的介质和所述至少一个支撑体之间的相应的边界处提供电磁阻抗匹配。

52、如权利要求 50 所述的信号模块，其中所述斜角提供基本上与耦合到所述信号模块的电气设备的特性阻抗相匹配的特性阻抗。

具有减小的反射的信号模块

技术领域

本发明涉及电子接口连接，而且尤其涉及一种用于基本上减小信号接口模块中的电磁反射的装置和方法。

背景技术

在集成电路（IC）和其他电子设备的制造中，利用自动测试设备（ATE）进行的测试将在整个工艺的一个或多个阶段处执行。IC 测试系统通常包括测试头和探测卡。封装的部分测试系统通常包括测试头和被测设备（device under test）（DUT）板。探测卡和 DUT 板包括电探测或电连接到集成电路的各个部分的触点图案。测试头被配置成驱动探测卡或 DUT 板中的不同触点，以在 IC 内执行特定的测试程序。在测试程序的过程中，测试头经由探测卡或 DUT 板的各个触点接收来自 IC 的输出信号。该输出信号指示被测试的 IC 的电特性。探测卡或 DUT 板和测试头是为一个特定的 IC，在一些情况下是为一个特定的测试程序，而唯一配置的。因此，对于不同的 IC 和测试程序，探测卡或 DUT 板和/或测试头必然发生变化。

测试头是利用接口装置电耦合到探测卡或 DUT 板的。该接口装置例如可以是零插入力插口或“pogo（弹簧）”单元。Pogo 单元可使得测试头或一些与该测试头相关联的中间耦合结构与探测卡或 DUT 板啮合。该 pogo 单元包括配有弹簧的接触针阵列，其中，该配有弹簧的接触针称为 Pogo Pins®（单跷弹簧针）。弹簧针用作信号线和地线，而且被布置成将探测卡或 DUT 板上的触点电耦合到测试头上的相应触点。弹簧针的弹力有助于保持探测卡或 DUT 板和测试头的各个不同触点之间的电接触。当测试头和探测卡或 DUT 板与 pogo 单元啮合，从而对弹簧针施加力时，该弹簧针以增强这种耦合力的弹力做出响应。无论在测试过程中测试头或探测卡或 DUT 板的平面变形如

何，这些针的回弹总可确保足够的耦合力。

在许多应用中，需要导线承载具有很高频率成份的信号，在不远的将来，该频率是从几百 MHz 到 10GHz，且在较远的未来将会达到几十 GHz。因此，在探测卡或 DUT 板与测试头之间的信号路径的传输线特性阻抗将会最受关注。为了获得测试电子设备与被测设备之间的最佳信号传递，在信号路径中的所有元件的特性阻抗应该是接近（closely）相互匹配的。通常，需要所有信号路径具有相同的阻抗，例如 28、50 或 75 欧姆，当然也可要求在同一接口中提供特性阻抗的几个不同值。

ATE 接口信号模块通常利用电介材料来从结构上支撑电传输线。这些电介材料在相邻的传输线元件之间提供电绝缘边界，但是也使得沿传输线的路径上的特性阻抗不连续。这种沿传输线的特性阻抗不连续可引起不期望的效果，这些不期望的效果包括增加的反射系数值、导致的减小的传输系数值，这二者都与频率相关，而且这些还使得信道性能不平坦，这种信道性能不平坦对信号模块的信号完整性和执行 ATE 信号特征化的能力都是有害的。由此，在许多应用中，当电磁场的反射穿过由不同的电介常数引起的阻抗不连续路径时，需要消除该电磁场的反射。

发明内容

本发明实现在一个信号模块中，该信号模块用于与电子设备电接口连接（interfacing with）。该信号模块包括电介质和延伸穿过该电介质的导线。该电介质表面位于远离相对于该导线的轴垂直的方向，并且根据由于信号流过该导线所产生的电磁场对该电介质表面进行定位。

本发明还实现在一种传输电磁信号的方法中。该方法包括提供信号模块的步骤。该信号模块包括电介质和延伸穿过该电介质的导线。该电介质表面位于远离相对于该导线的轴垂直的方向，并且根据由于信号流过该导线所产生的电磁场对该电介质表面进行定位。该方法还包括向信号模块中的导线的一端提供电磁信号，并通过该导线传输信

号。

本发明还实现在一个信号连接器中。该信号连接器包括电介质，该电介质在其第一表面和与该第一表面相对的第二表面中的每一个表面上设置有沉孔。该信号连接器还包括延伸穿过电介质的第一表面的沉孔和电介质的第二表面的沉孔的导线。该电介质为导线提供机械支撑。该沉孔以相对于该导线的轴成一斜角的方式被提供，并基于由于信号流过该导线所产生的电磁场对该沉孔进行定位。

本发明还实现在一种信号模块中。该信号模块包括多个弹簧针和第一和第二固定器盖。每个固定器盖具有电介质材料。每个固定器盖包括具有多个沉孔和多个镗孔的顶部，其中沉孔置于第一表面和与该第一表面相对的第二表面中的每一个表面中，而镗孔在置于第一和第二表面上的多个沉孔之间延伸。每个固定器盖还包括与顶部耦合的侧部。该侧部封装有多个弹簧针。多个弹簧针分别置于多个镗孔中。沉孔以相对于该导线的轴成一斜角的方式被提供，且基于由于多个信号分别流过多个弹簧针所产生的电磁场对该沉孔进行定位。

附图说明

当结合附图阅读以下具体描述时，根据以下的具体描述可很好地理解本发明。需要强调的是，根据共同的经验，附图中的各个不同特征并不是按比例。相反，清楚起见，各个不同特征的尺度被任意延伸或缩小了。在附图中包括以下附图：

图 1 是传统信号模块的侧视图，其示出了穿过传统信号模块的电磁信号的传播和反射；

图 2 是根据本发明一个示例性实施例的示例性信号模块的侧视图，其示出了穿过该示例性信号模块的电磁信号的传播；

图 3 是根据本发明一个示例性实施例的示例性电介质边界的侧视图，其示出了在导线邻近处的电介质边界中的沉孔；

图 4 是传统的伪同轴传输线的透视图，其示出了通过该伪同轴传输线的一个终端的各个导线的布置；

图 5 是本发明的示例性信号模块的侧视部分，其示出了穿过电介

质的各个导线的布置，其中该电介质具有用于每个相应导线的斜角；

图 6 是根据本发明一个示例性实施例的示例性伪同轴传输线的透视图，其示出了具有沿伪同轴传输线布置的斜角沉孔的五个电介质；

图 7 是根据本发明一个示例性实施例，穿过示例性伪同轴传输线传播的电磁信号的阻抗的模拟结果；

图 8a 是根据本发明一个示例性实施例的示例性 ATE 接口信号模块的透视图；以及

图 8b 是根据本发明一个示例性实施例的在示例性 ATE 接口信号模块中的固定器盖的剖视图。

具体实施方式

图 1 描述了传统的 ATE 接口信号模块 100。ATE 接口电磁信号 106 沿着弹簧针 104 穿过信号模块 100 而进行传输。电磁信号在围绕弹簧针表面的区域 108 中传播，（多个弹簧针未示出）并且与模块端部的电介质盖 102 和信号模块内的任意电介质垫片 116 相遇。

在传统的 ATE 接口信号模块中，当电磁信号遇到围绕弹簧针 104 的介质和电介质盖 102 之间的边界界面时，就会出现电磁信号的反射 112。

围绕弹簧针的介质通常是空气。典型的 ATE 接口信号模块可利用其介电常数大于空气的电介质盖。这造成了特性阻抗失配，从而导致电磁反射 112。

电磁反射的幅度随着电介质盖的介电常数的增加而增加。此外，正向传输系数发生损耗，从而导致穿过该信号模块的传输变弱。

穿过电介质盖 102 的多个弹簧针（图 1 中未示出）的每一个可具有电磁反射 112。该得到的反射可在相邻的弹簧针间产生不期望的串扰。因此，穿过传统的信号模块传输的电磁信号 110 可能包括传输损耗和来自相邻弹簧针的串扰。

为了使得电介质的阻抗与围绕弹簧针的介质的阻抗匹配，已经做出了各种尝试。尝试利用具有非常低的介电常数的材料，例如 Cuming

Microwave 公司 RH-10 材料来制造电介质盖，这种尝试已经揭示出这些材料的机械抗张强度不足以为这些弹簧针提供刚性的限制。

减小 ATE 接口信号模块中的电磁反射的努力已然尝试补偿电介质盖的容性效应。例如，在实现阻抗匹配的努力中，已经对电介质盖的一部分中的弹簧针的直径进行了调节。

发表在 1972 年 11 月的 IEEE Microwave Theory & Techniques 第 734-739 页上的文献 “Calculation of an Optimum Transmission Line Taper” 中，撞针 (plunger) 的直径被逐渐地改变以补偿电介质盖的容性效应。所构建的计算机模拟模块用于计算锥形传输线所需的长度，从而导致需要一个具有无法接受的长度的传输线，该长度的传输线不能装配在适当的 ATE 信号模块的有限尺度内。

本发明通过实现一种条件而产生电磁阻抗匹配，该条件是沿信号模块的轴传播的电磁波的入射 TM (横向磁) 场的平面与电介质边界的表面垂直。由此，基于由于信号流过该信号模块所产生的电磁场确定电介质表面的角度。在 ATE 信号模块中，这需要通过在弹簧针和电介质盖之间的介质边界处形成一个斜角来实现。通过提供适合的斜角，可在电介质边界之间基本上出现零反射。

本发明的一个示例性实施例包括一个信号模块，该信号模块包括导线和低损耗电介质。在一个示例性的实施例中，电介质 202 和 204 以及导线 208 被示出在图 2 中。

图 2 示出了根据本发明一个示例性的实施例的信号模块 200。在信号模块 200 中，导线穿过电介质 202 和 204。在沿着导线长度方向上还布置了如电介质 216 的附加电介质，以提供对该导线的进一步支撑。

可将电磁信号 210 发送到该示例性信号模块的一个端部。电磁信号是沿着导线的轴 208 传播的电磁波。该电磁信号需要穿过电介质 202 和 204，且不能在电介质 202 和 204 之间的区域 212 中产生反射。从信号模块 200 传输出去的信号 214 需要没有因穿过电介质 202 和 204 而造成传输损耗。

ATE 接口信号通常具有 GHz 区域内的带宽。信号模块 200 需要

在 DC 和至少 30GHz 及更高频率之间的频率区域内运行。示例性的信号模块 200 可在一个基本上较高的带宽或一个较窄的带宽处运行。示例性信号模块并不限于 ATE 接口信号，还可以用于其他应用，例如，包括内部电介质插入物的连接器，其中该插入物不仅用于机械支撑连接器内的电导线，还阻隔穿过该电介质的电磁信号的传播。

这里示出的信号模块 200 呈现为具有一个角 206 的电介质 204。这只是出于说明的目的而示出的。在图 2 中，电介质 202 和 204 均具有相同的斜角 206。尽管在示例性的实施例中，电介质 202 和 204 仅示出具有斜角 206 的一个表面，但是所有表面都需要具有特定的斜角。此外，电介质 202 和 204 仅示出该特定斜角的一段。实际上，该斜角是图 3 中的一个圆锥形的沉孔 302，该沉孔制造方便。

如图 3 所示，电介质 204 具有第一表面 204a 和第二表面 204b。导线 208 穿过具有沉孔 302 的第一表面 204a。沉孔 302 需要相对于沿导线 208 的长度方向成一个角度 206。导线 208 还穿过同样具有沉孔 302 的第二表面 204b。表面 204a 和 204b 中的每一个需要均具有沉孔 302，且均成一个斜角 206。

示例性的导线 208 可被包括在由多个导线组成的伪同轴（pseudo-coaxial）传输线中。伪同轴传输线是本领域技术人员所公知的。

图 4 示出现有技术中已知的伪同轴传输线 400，该伪同轴传输线 400 由 5 个平行的弹簧针 402 和 404 构成。在这个例子中，中心针 404 承载电磁信号，而布置成围绕中心针 404 的其他四个弹簧针 402 电接地。这只是伪同轴传输线的一种布置。例如，1957 年由 International Telephone & Telegraph Corp. 在纽约出版的 Reference Data for Radio Engineers 第四版中示出了这种和其他可用的配置。本发明并不限于弹簧针布置 400 或伪同轴传输线。

在示例性信号模块 200 中使用的传输线通常要求实现 50 欧姆的特性阻抗。该特性阻抗与典型的同轴电缆、印制电路板微带传输线，或可连接到该示例性信号模块上的其他电气设备的阻抗相匹配。还可将信号模块 200 设计成实现其他的特性阻抗值。

通过弹簧针的几何布置、弹簧针的直径、弹簧针之间的间距，以及针间介质的介电常数可控制传输线的该特性阻抗。围绕这些弹簧针的介质，以及由此围绕在区域212中的导线208的介质通常都是空气。其他介质可包括具有低损耗角正切和稳定的频率相关介电常数的其他电介质绝缘介质。

具有导线208的示例性信号模块200可利用来自电磁信号的平面电场矢量进行操作，该电磁信号例如是但不限于，对于形成传输线的导线的圆形几何布置而言的TM₀₁或TE₁₁波模式，或者对于形成传输线的导线的矩形几何布置而言的TE₁₀或TM₁₁波模式。该示例性信号模块还需要利用具有扭曲的电场矢量的电磁信号进行操作。扭曲的TM场矢量可以出现在导线208为伪同轴传输线的情况下或出现在其他配置中。

电介质202和204包括的电介质材料可在DC到至少30GHz及更高频率的整个频率范围上具有1到5的介电常数。介电常数需要在1到5之间的频率范围可以是基本上较高的频率。在一个优选的带宽上，该介电常数需要是恒定的。该介电常数值和频率范围需要取决于该示例性信号模块的应用。在不影响本发明的范围的情况下，所需的介电常数值和频率范围可随输入信号的类型变化。

除了电介质202和204的介电常数的限制之外，电介质材料还需要包括在DC到至少30GHz及更高频率的整个频率范围上具有小于0.1的损耗角正切的特性。损耗角正切需要小于0.1的频率范围基本上是较高的频率。所需的损耗角正切需要取决于该信号模块的应用。ATE接口信号可要求比其他应用更低的损耗角正切。

在示例性信号模块200中使用的公共电介质材料可包括聚四氟乙烯、FR4、Ultem[®] 1000、Rexolite[®]、聚乙烯、聚氯乙烯以及空气。如果其他材料具有低的损耗角正切（例如小于0.1）且适于应用要求的介电常数，那么也可使用这些其他材料。所有的电介质材料，包括这里所列出的那些材料，均表现出一定的损耗，当然这是可被视为可忽略的小损耗。

根据本发明，如果沿信号模块的轴传播的电磁波的入射TM场的

平面与电介质边界的表面平行,且该边界成一特定的斜角,那么就可以实现在具有不同介电常数的两种介质的边界处的电磁阻抗匹配。该斜角可根据电磁反射接近零值情况下的角来确定。

该示例性实施例的电介质的表面需要是平滑的,且在其相交处和电磁波沿线性轴传播处包括与入射的 TM 场平面平行的直线。该电介质的表面需要与其他电磁波状况的 TM 场的等值面一致。

利用布儒斯特角原理可计算出电磁反射接近最小值情况下的角度。布儒斯特角是光学和准光学系统领域所公知的。

对于平行极化的情况,当对于非磁性和无损耗材料而言,在电介质上的一个入射角处 TM 菲涅耳反射消失时,该电介质上的入射角处存在一个布儒斯特角 θ_B 。这个初始条件可由斯涅耳定律定义,如公式(1)所示。

$$\sqrt{\varepsilon_2} \sin \theta_T = \sqrt{\varepsilon_1} \sin \theta_B \quad (1)$$

其中 ε_1 和 ε_2 分别是区域1和2的介电常数,并且 θ_T 是区域2的折射角。根据简单的几何学,可见 $\theta_T = 90^\circ - \theta_B$,这遵从:

$$\begin{aligned} \sqrt{\varepsilon_1} \sin \theta_B &= \sqrt{\varepsilon_2} \sin \theta_B \\ \tan \theta_B &= \frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1}} \end{aligned}$$

其公知为布儒斯特角定律,且通常如下表示

$$\theta_B = \tan^{-1} \left(\frac{\sqrt{\varepsilon_2}}{\sqrt{\varepsilon_1}} \right) \quad (2)$$

对于该信号模块的示例性实施例而言,该斜角取决于电介质的介电常数、围绕导线的介质的介电常数、以及来自沿导线传播的电磁信号的 TM 场矢量的角。

由以上公式(2)计算出的布儒斯特角假设电介质是无损的,即表现出零电导率且是无磁性的。如果区域2中的电介质材料由于其表现出复数的介电常数而有损耗,那么布儒斯特角就会失去其意义。通过规定该复电介质的实部和虚部可修改该布儒斯特角。如果我们将公式(2)重新描述成:

$$\theta_B = \tan^{-1} \left(\sqrt{(\varepsilon_{2r} - j\varepsilon_{2i}) / \varepsilon_1} \right) \quad (3)$$

则电磁反射可接近最小值。

当作为介质 ε_1 的入射介质是无损的，例如空气时，这种方法公知为 Zenneck 表面波。

不考虑电介质的损耗角正切和由于不同的实材料配置导致的 TM 矢量扭曲的情况，为了针对特定的应用和实材料的各种配置确定适合的斜角和表面，可使用商用的建模和模拟工具，如具有三维能力的有限差分时间域解决器。

为了适应扭曲的电磁场，斜角需要进一步修改以解决这种扭曲。因此，斜角不再是经典的布儒斯特角，而是用于解决由导线的类型，如伪同轴传输线，所引起的电场扭曲的角度。用于电磁阻抗匹配的判据是如公式 (2) 中定义的那些判据，但是为了适应这些判据在实现时需要进行修改以解决电场扭曲。

以这个特定的斜角值，电磁反射将接近零。正如由能量守恒所公知的那样，由此从信号模块输出的传输将提高到一个较高的值。

传输的改善是扩宽频带，而与信号频率无关。频率相关性受到电介质材料的介电常数的频率相关性的限制。对于导线为传输线的示例性实施例而言，频率相关性也受到传输线设计人员所熟知的电磁模式的截止频率的限制。

本发明还可以扩展到具有多个导线的信号模块，如图 5 所示。图 5 示出电介质盖 500 的一端的横截面部分。多个导线 502、504 和 506 延伸穿过电介质盖 500，并伸出根据本发明的示例性实施例的信号模块。

图 5 示出对应于导线 502、504 和 506 的斜角 508、510 和 512。这里示出的斜角更加准确地描述了在电介质表面的斜角的实现。这些斜角需要是电介质上的沉孔。多个沉孔需要彼此相邻或相交。

在图 5 的实施例中示出的导线的每一个表示一根单独的导线，例如，如图 4 中所示的五线伪同轴传输线或其他传输线中的一根单独到线，或者信号承载导线。该示例性实施例不限于包括三根导线该的设

备。该示例性的信号模块可包含一个平面的或其他适合的布置中的任意数目的导线。这些导线可以被间隔开来，并且可以处于一种能够提供匹配到其连接设备的适合的特性阻抗的布置中。

施加到对应于每个相应导线的电介质表面的斜角可使得沿着每个导线的电磁反射接近最小值。由于这里不再有反射机制来构成串扰，因而偶模式和奇模式二者的相邻信道串扰都会下降。

在同时承载任意多个信号进行双向信号传送的多个导线传输线中，偶模式被定义为在平行方向上同时进行信号传播，相反，奇模式为在反平行方向上同时进行信号传播。该示例性的实施例可同时包括偶模式和奇模式的传播状况的任意组合。

应理解的是，本发明不限于在同一方向上沿着多根导线传播多个电磁信号。例如，第一电磁信号可传入导线 502 的一端，而第二电磁信号可从导线 504 的一端传出。由此，第二电磁信号与第一电磁信号的传播方向相反。

具有不同电场矢量的不同电磁信号可分别穿过导线 502、504 和 506 传播。相应的斜角 508、510 和 512 中的每一个可针对特定的电磁信号加以设计，并且可具有不同的角度，以消除特定电磁信号的反射。这使得信号模块的制造适合于特定的应用。所得到的信号模块将具有最小的信道串扰和相应的最大的信号传输。

下面将通过参考几个例子来说明本发明。将这些例子包括进来是为了更加清楚地示出本发明的全部的属性。这些例子是示例性的，而不是对本发明的限制。

例子 1

图 6 示出一种示例性的伪同轴传输线 600，该传输线具有沿着伪同轴传输线 600 彼此隔开的 5 个电介质 606。每个电介质 606 具有在电介质 606 两侧上的如上所述确定的斜角沉孔（未示出）。伪-同轴传输线 600 具有五个弹簧针 602 和 604。中心弹簧针 604 承载电磁信号，而围绕中心针 604 设置的其他四个弹簧针 602 电接地。

现在参考图 7，描述关于示例性伪-同轴传输线 600 的阻抗模型模拟的结果。阻抗模型模拟结果 702 示出穿过示例性伪-同轴传输线 600

传播的电磁信号以欧姆为单位的阻抗随以 ns 为单位的时间的变化。当电磁信号穿过示例性伪-同轴传输线 600 传播时,阻抗为大约 50 欧姆,如区域 704 所示。示例性实施例 600 证实了虽然电磁信号遇到 10 个边界条件的变化(对于每种电介质 606 有两种变化),但是在每一个电介质上的斜角沉孔明显地减少了阻抗的失配,从而将阻抗保持在大约 50 欧姆。

例子 2

现在参考图 8a,描述具有多个弹簧针 816 的示例性 ATE 信号接口模块 800。电介质材料的固定器盖 802 覆盖并支撑各个弹簧针 816。

图 8b 中进一步示出了固定器盖 802 的一部分。固定器 802 具有顶部 804 和侧部 12。顶部 804 的第一表面包括多个斜角沉孔 806。多个孔径 808 在斜角沉孔 806 和顶部 804 的第二表面之间延伸。顶部 804 的第二表面是一个平坦的表面,并且由于机械限制没有斜角沉孔。

斜角垫片 814 是具有第一和第二表面的电介质材料,其中第一表面是平坦的,而第二表面具有斜角沉孔。斜角垫片还包括与固定器盖 802 中的孔径和斜角垫片 814 的沉孔相对应的孔径。斜角垫片的第一表面 814 被设置成与固定器盖 802 的顶部 804 的第二表面 810 相邻。电介质固定器盖 802 和斜角垫片 812 的组合可用作包括具有斜角沉孔的两个表面的一个固定器。

装配垫片 818 被设置在第一固定器 802 的侧部 812 和第二固定器盖 802 的侧部 812 之间。装配垫片 818 具有与第一固定器盖 802 相对应的孔径。装配垫片 818 需要是具有斜角沉孔的电介质材料,该斜角沉孔是机械加工在对应于该孔径的两个侧面上的。装配垫片 818 可向弹簧针 816 提供支撑。

如上所述的第二固定器盖 802 和斜角垫片 814 可耦合在一起,用作一个包括具有斜角沉孔的两个表面的固定器。第二固定器盖 802 和第二斜角垫片 814 二者还包括与第一固定器盖 802 的孔径相对应的孔径。

多个弹簧针 816 延伸穿过各个孔径,并由这些孔径支撑,其中这些孔径位于第一固定器盖 802 的顶部 804、第一斜角垫片 814、装配

垫片 818、第二斜角垫片 814 和第二固定器盖 802 的顶部 804 之间。第一和第二固定器盖 802 的侧部 812 包括示例性 ATE 信号接口模块 800 中的弹簧针 816。

因此，在示例性 ATE 信号接口模块 800 中，所有电介质边界配备有如上所述的根据本发明的示例性方法设计的沉孔斜角。示例性模块 800 由此不会经历阻抗失配。

尽管这里结合具体实施例示出和描述了本发明，但是本发明并不意在受限于所示出的各个细节。更确切地讲，在不脱离本发明且在权利要求的等同替代物的范围内的情况下，可对各个细节进行各种修改。

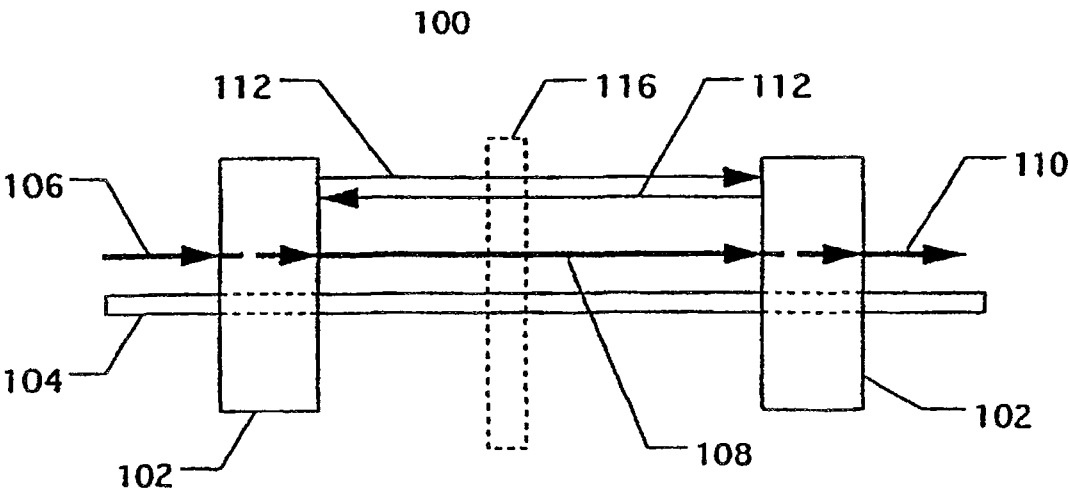


图1

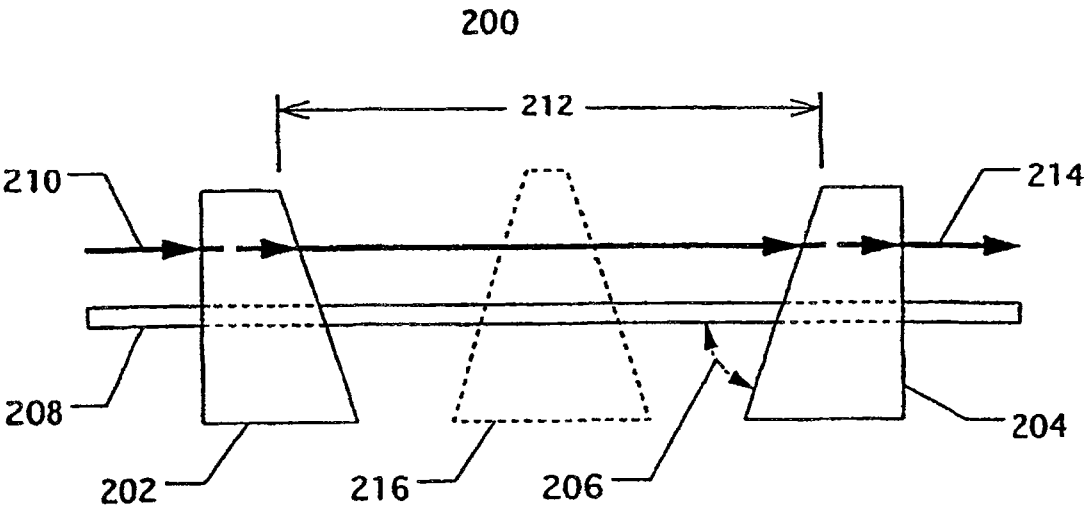


图2

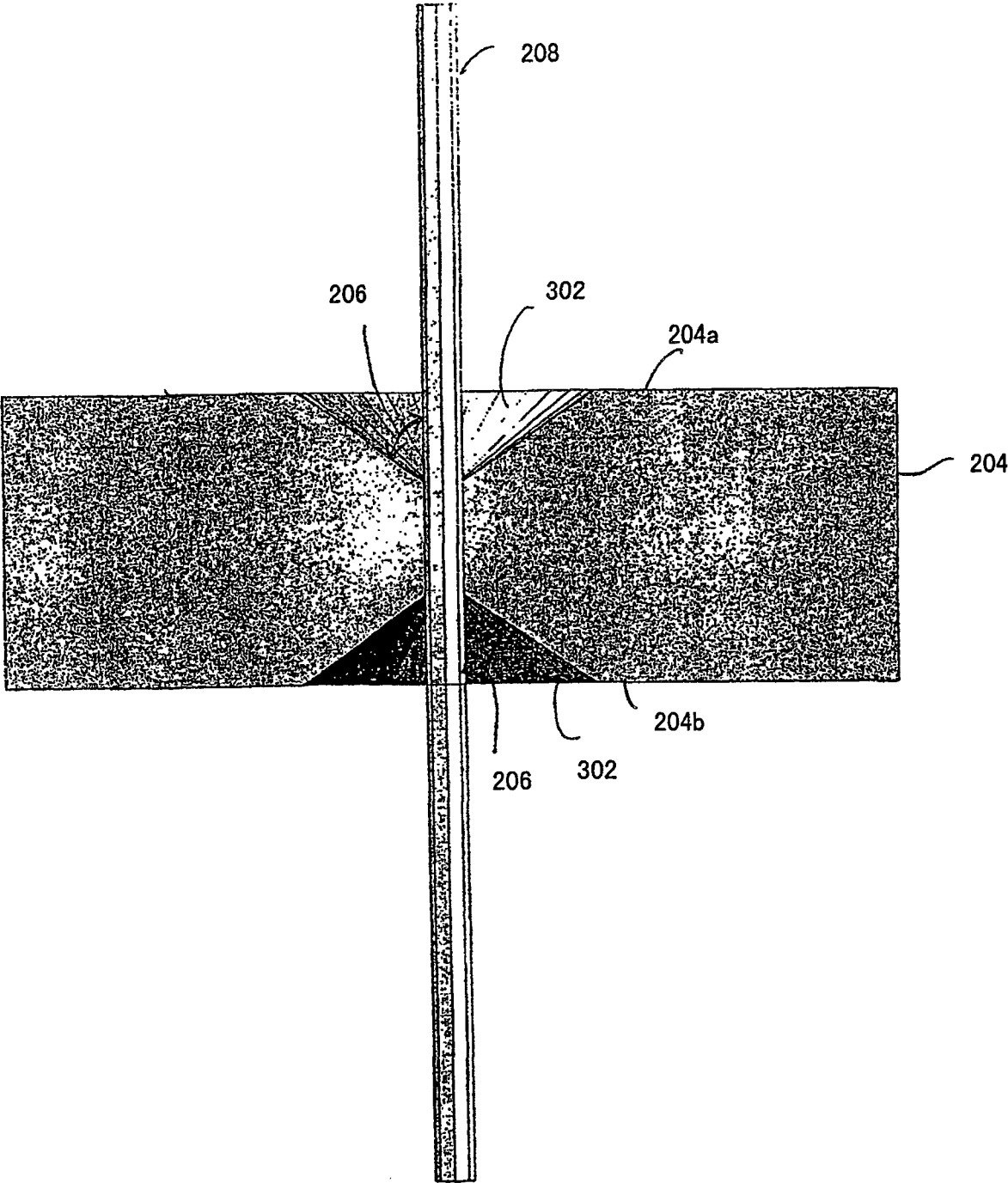


图3

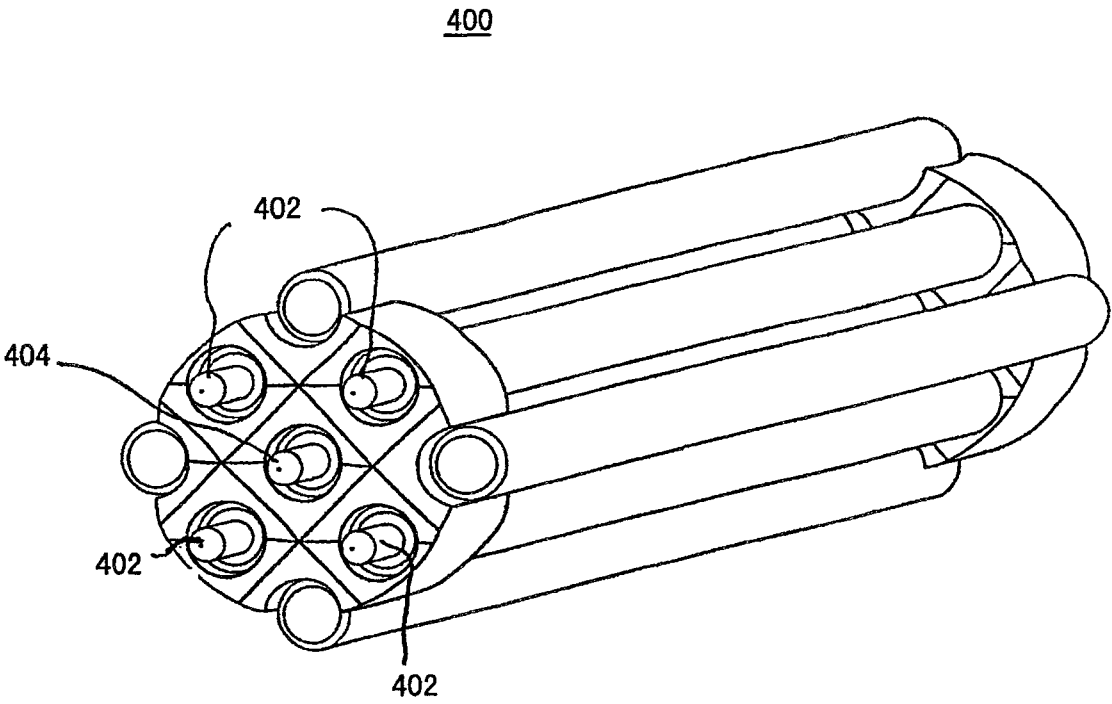


图4

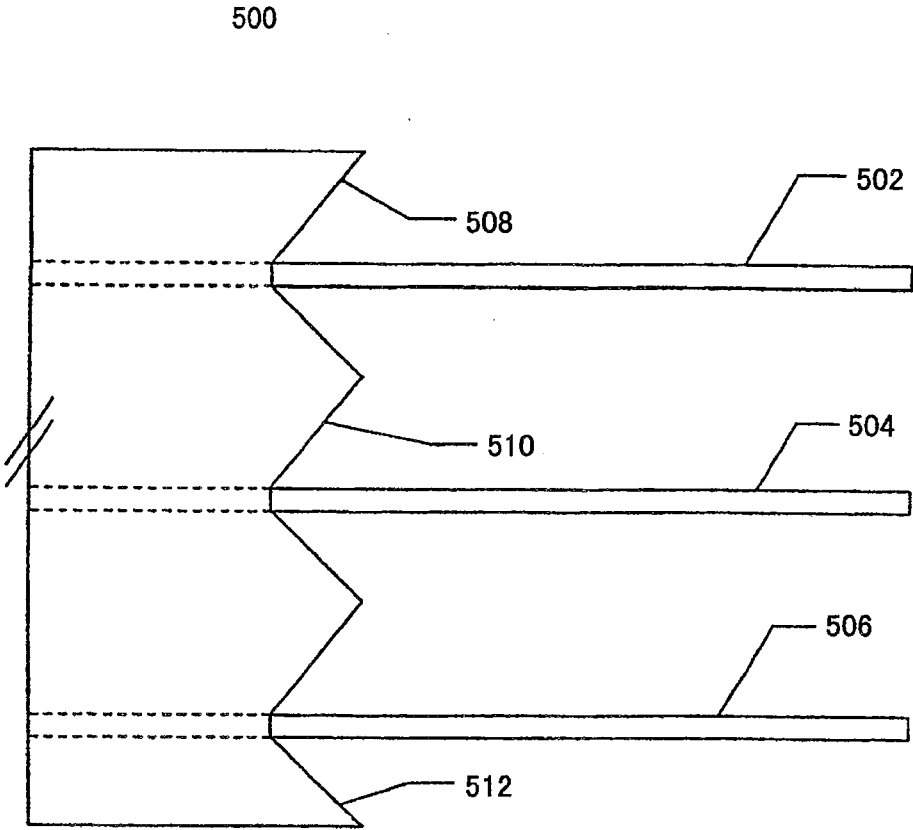


图5

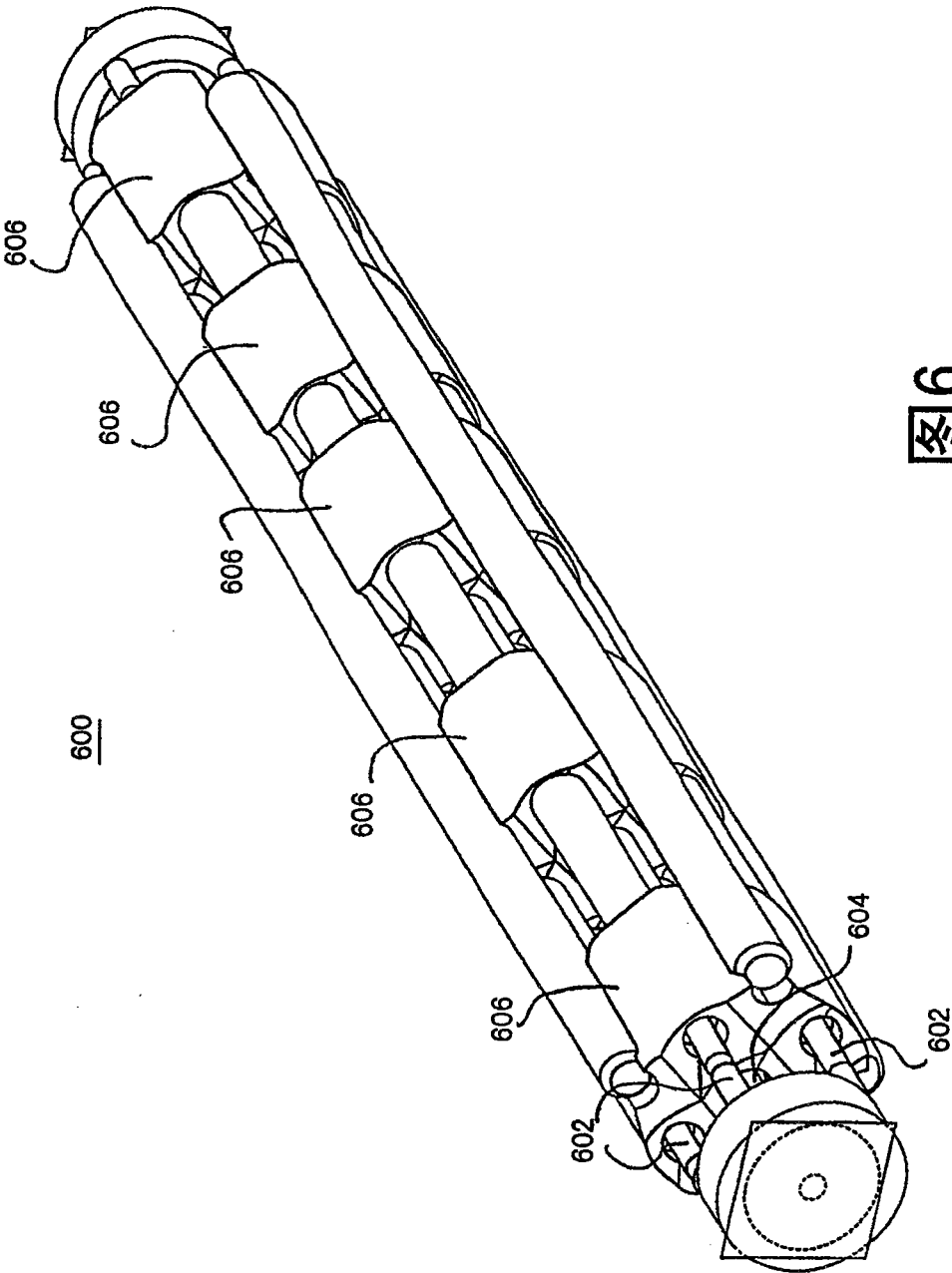


图6

穿过5个具有双侧斜角的电介质板的针的阻抗模型结果

TDR结果：时间相关阻抗 $Z(t)$ （单位：欧姆）

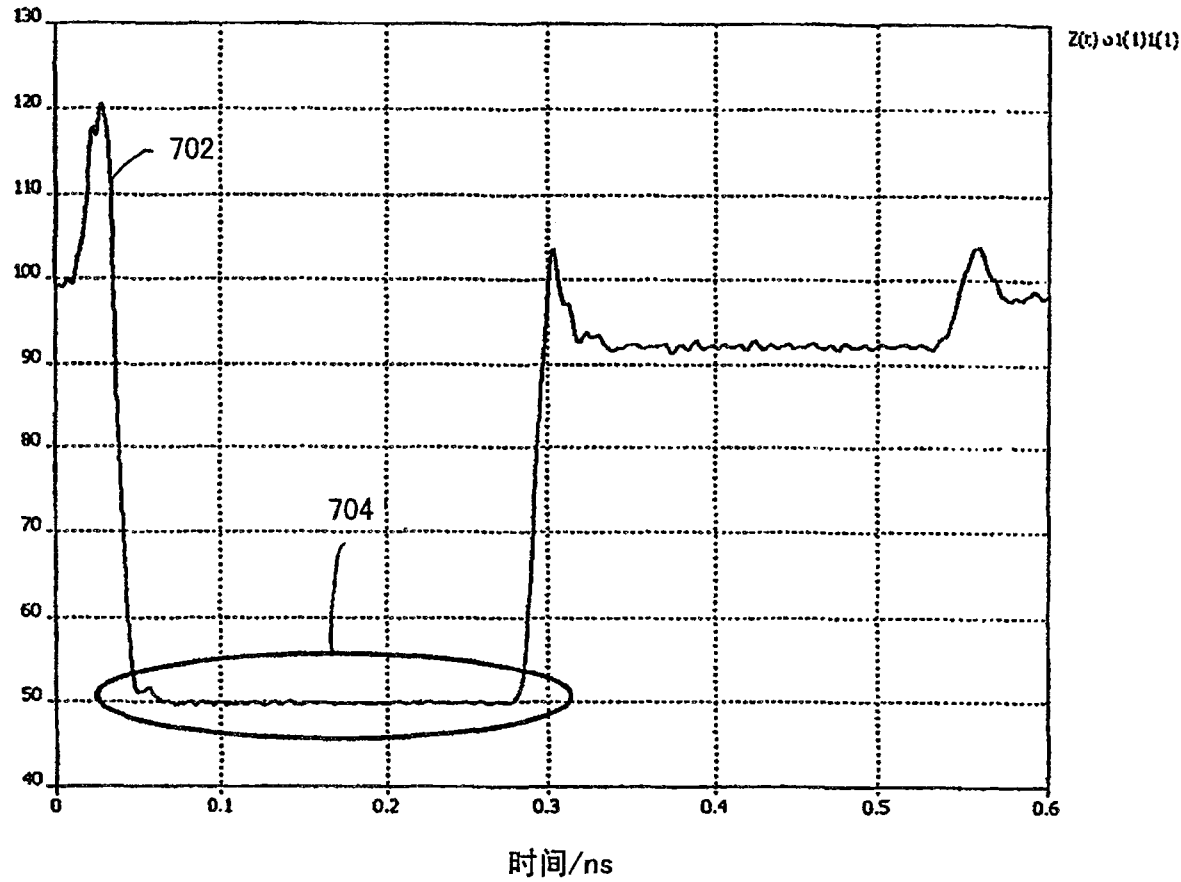


图7

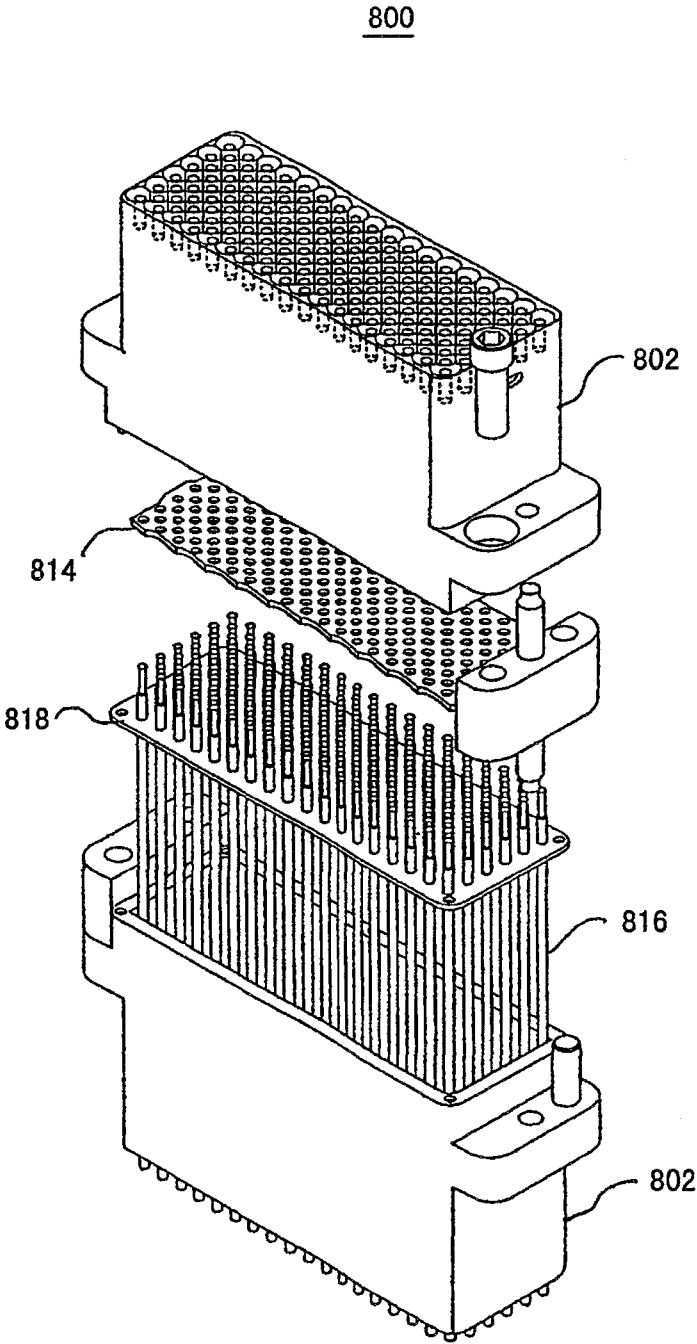


图8a

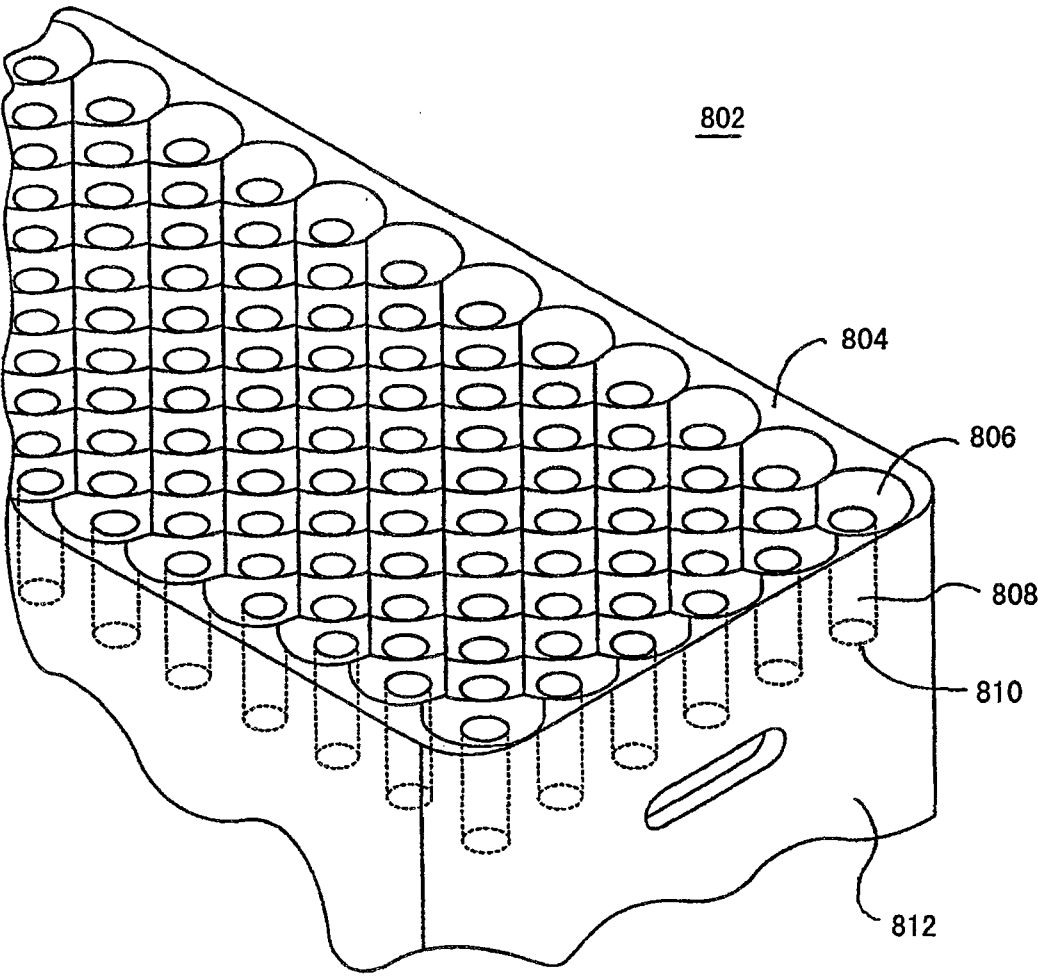


图8b