

# (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2020年12月24日(24.12.2020)



(10) 国际公布号  
**WO 2020/252678 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*H01B 11/10* (2006.01) *H01B 7/18* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2019/091830
- (22) 国际申请日: 2019年6月19日(19.06.2019)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人: 韩宇南(HAN, Yunan) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区广渠路九龙山家园2号楼1单元304号, Beijing 100022 (CN)。
- (72) 发明人: 韩雪莹(HAN, Xueying); 中国北京市朝阳区广渠路九龙山家园2号楼1单元304号, Beijing 100022 (CN)。
- (74) 代理人: 北京细软智谷知识产权代理有限公司(VALLEY OF SOFT BEIJING INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国北京市房山区长阳镇长阳一村南京广铁路东105米路北, Beijing 102455 (CN)。
- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,

BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:  
— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(54) Title: FILTER CABLE

(54) 发明名称: 滤波电缆

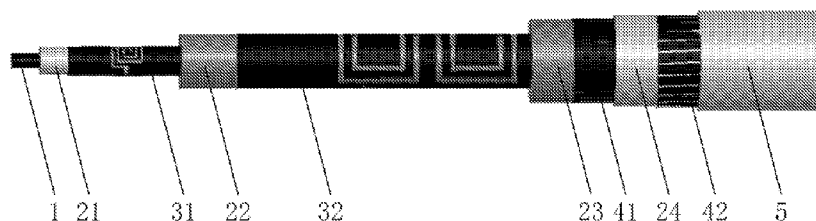


图 1

(57) Abstract: Disclosed is a filter cable, solving the problem of a cable in the related art being unable to ensure a simple and rational structural design while having a good filter performance. In a cross section in the radial direction of a filter cable, a core wire (1) and N defective conductor layers surrounding the core wire (1) are sequentially arranged from the inside to the outside, wherein each defective conductor layer is provided with an etched pattern; the etched patterns are distributed in the axial direction of the filter cable; and the etched patterns are used for enabling the filter cable to be equivalent to a preset filter circuit to filter a signal transmitted in the filter cable.

(57) 摘要: 一种滤波电缆, 解决相关技术中的电缆不能在具备良好的滤波性能的同时又保证结构设计简单合理的问题, 在沿所述滤波电缆径向的横截面中, 从内向外依次设置有芯线(1)、包围所述芯线(1)的N层缺陷导体层; 其中, 所述缺陷导体层上具有刻蚀图案; 所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向分布式设置; 所述刻蚀图案用于使得滤波电缆等效成预设的滤波电路, 对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波。



WO 2020/252678 A1

## 滤波电缆

### 技术领域

本申请涉及电缆技术领域，尤其涉及一种滤波电缆。

### 背景技术

随着信息时代的逐步深入和智能化时代的到来，各种电子设备进入人们的生产、生活，电子设备在运行中，不可避免的会受周围环境的其它设备的电磁干扰并对环境中的其它设备有一定的电磁干扰，基于此，电气设备的电磁兼容性是非常重要的指标，电磁兼容性是指设备在其电磁环境中符合要求运行并不对其环境中的任何设备产生无法忍受的电磁骚扰的能力，电磁兼容性越强，那么设备在电磁环境中运行越稳定。

相关技术中，为了满足设备的电磁兼容性提出了多种解决方案，比如通过对电缆的设计来实现。一般来说，电缆的基本结构包括一根或多根互相绝缘的导体和外包的绝缘保护层，基于该电缆的基本结构，可以将电力或信息从一处传输到另一处，目前，在此基本结构的基础上，解决电磁兼容性的方案如下：

一是、在电缆中设置屏蔽层，其中的屏蔽层包括典型的铝薄膜屏蔽层、铜编织网镀镍屏蔽层等，几乎所有具有完整屏蔽结构的电缆都只能屏蔽来自外部的电磁辐射干扰，对电缆上传输的信号却没有显著的滤波效果。

二是、双绞线结构的电缆，其具体结构包括两根具有绝缘保护层的铜导线，两根铜导线按一定的密度互相绞在一起，其中，每一根导线在传输中辐射的电波会被另一根线上发出的电波抵消，有效降低差模信号干扰的程度，但是，几乎所有双绞线电缆都存在滤波功能方面的功能缺陷。

三是、通过电缆与电子设备间外加的滤波器、电子设备内部电缆接口安装接口滤波电路、滤波磁环、悬置滤波橡胶垫、馈通滤波器、腔体滤波器、微带滤波器等结构来增加滤波功能，但是会增加结构的复杂度，并且电缆线的前后端存在一定的串扰等问题。

比如，公开号为 CN201120412731.9 的专利文件中，公开了一种通过滤波连接器实现滤波功能的电缆，以加装滤波连接器的电缆为代表，几乎所有的加装滤波连接器的电缆都存在如下缺陷：1、滤波位置集中在电缆一端或两端，并不是分布在电缆轴向上的滤波，滤波性能较差；2、滤波功能的设计大大增加连接器的尺寸和重量，使用时受到一定限制；3、多为低通滤波，较难实现高通、带通、带阻的滤波功能。

再比如，公开号为 US5686697 的专利文件中，公开了一种通过在电缆接插件内部安装一种承载悬置滤波电路的橡胶垫，实现对电缆传输信号的滤波方法，典型技术为在硅橡胶基板内通过细导线将 X2Y 电容串联接入航插芯线和外部屏蔽体之间形成线对地的共模滤波，或通过细导线将 X2Y 电容接入两根航插芯线之间形成线间的差模滤波，以该悬置滤波电路装置为代表，几乎所有的悬置滤波电路都存在如下缺陷：1、采用集总元件搭建的滤波电路，由于所使用元件的尺寸限制且组成的滤波网络的级数非常少，对较高频率的滤波性能较弱；2、滤波电路的输入和输出端电缆存在较大的耦合，大大降低滤波效果；3、滤波电路的位置在电缆一端或两端的接插件附近，滤波位置集中导致效果较差；4、采用的集总滤波元件尺寸较小，且构成电路的线条较细，存在散热、可滤波的干扰功率较小、可靠性

较差。

又比如，公开号为 CN205790739-U 的专利文件，公开了一种抗干扰的电缆组件，其实现方式是在屏蔽电缆的一端或两端的芯线上独立安装陶瓷馈通滤波器实现滤波功能，以该安装陶瓷馈通滤波器的屏蔽滤波电缆为代表，几乎所有的基于陶瓷馈通滤波器的屏蔽滤波电缆都存在如下缺陷：1、馈通滤波器占用较大的空间，增加了航插的重量和体积，给实际使用带来较大不便；2、滤波电路的位置在线缆一端或两端的接插件附近，滤波位置集中导致效果较差；3、馈通滤波器的滤波性能较差，特别是高频滤波性能较差；4、多为低通滤波器，较难实现高通、带通、带阻的滤波功能。

又比如，公开号分别为 CN201620666446.2、CN201610365454.8、CN201620087019.9、CN201521009514.X 的专利文件，公开了通过在线缆内部加入磁性材料、碳纤和金属混合物等方式实现滤波功能，其中的磁性材料可以包括铁氧体、纳米晶磁体或者高分子磁体等，以这类加入电磁能吸收材料为代表，几乎所有的基于电磁能吸收材料的滤波电缆存在如下缺陷：1、电缆的重量有显著增加；2、材料层有一定的硬度或脆性，限制电缆的转弯半径和无损伤弯折的次数；3、增加的材料层影响电缆的温度稳定性。

## 发明内容

本申请的目的是提供一种滤波电缆，用于解决相关技术中的电缆不能在具备良好的滤波性能的同时又保证结构设计简单合理的问题。

本申请的目的是通过如下技术方案实现的：

一种滤波电缆，在沿所述滤波电缆径向的横截面中，从内向外依次设置有芯线、包围与所述芯线的 N 层缺陷导体层；其中，所述缺陷导体层上具有刻蚀图案；所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向分布式设置；所述刻蚀图案用于使得所述滤波电缆等效成预设的滤波电路，对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波；其中，N 的取值为正整数。

通过上述滤波电缆，可以对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波，一方面，实现了通过电缆本身的结构实现滤波，无需额外增加其它部件，并且刻蚀图案在电缆上分布式设置，所以电缆的各个部分都具有良好的滤波特性，实施中，可以根据需要设置缺陷导体层上的刻蚀图案，通过刻蚀图案使得滤波电缆等效成预设的滤波电路，达到任一所需要的滤波效果，另一方面，滤波电路的输入和输出端分布在滤波电缆的两端，不会存在较大的耦合，滤波效果非常好，又一方面，滤波电缆有一定尺寸，散热效果、可滤波的干扰功率、可靠性上也有提升。如此，可以保证电缆正常的电力或信号传输的情况下，且在不过多增加电缆重量、尺寸的情况下，使得的电缆具备很好的电磁信号滤波特性。另外，缺陷导体层具有温度稳定性，也不会影响滤波电缆的温度稳定性，缺陷导体层有一定的韧性，不会因弯曲影响性能。

在一种可能的设计中，所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向呈周期性或者非周期性地分布式设置。

在一种可能的设计中，所述刻蚀图案的刻蚀区呈镂空状或者填充有绝缘材料。

在一种可能的设计中，N 层缺陷导体层之间相互绝缘设置或连通设置。

在一种可能的设计中，若 N 的取值为 1，所述刻蚀图案包括：多个第一图案；

所述第一图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第一镂空线段，第一镂空线段的一端

设置有第一螺旋形镂空图案，另一端设置有第二螺旋形镂空图案；

所述第二螺旋形镂空图案与所述第一螺旋形镂空图案对称设置。

在一种可能的设计中，所述刻蚀图案包括：多个第二图案；

所述第二图案包括：相互间隔的第一双环形镂空图案和第二双环形镂空图案；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案的外环上靠近对称轴的一侧中部具有第一非镂空区；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案的内环上远离对称轴的一侧中部具有第二非镂空区。

在一种可能的设计中，所述预设的滤波电路包括低通滤波电路、带阻滤波电路或者带通滤波电路。

在一种可能的设计中，若N的取值为1，且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第三图案；所述第三图案包括：沿所述滤波电缆轴向的第二镂空线段；所述第二镂空线段包括第三镂空线段、在第三镂空线段两端对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的第四镂空线段和第五镂空线段；与所述第二镂空线段并排间隔设置的第六镂空线段；所述第六镂空线段上与所述第三镂空线段对应的区域具有第三非镂空区，与所述第四镂空线段对应的区域具有与所述第四镂空线段连通的第一窄化镂空区，与所述第五镂空线段对应的区域具有与所述第五镂空线段连通的第二窄化镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第四图案；所述第四图案包括：两个相互间隔对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的子图案；所述第四图案的子图案包括沿所述滤波电缆径向并排设置的第七镂空线段和第八镂空线段；所述第七镂空线段的两端分别设置有第一单环形镂空图案；所述第一单环形镂空图案远离所述第七镂空线段的一边中部具有非镂空区；所述第八镂空线段的两端分别设置有第二单环形镂空图案；所述第二单环形镂空图案远离所述第八镂空线段的一边中部具有非镂空区；所述第二单环形镂空图案所包围区域的面积大于所述第一单环形镂空图案所包围区域的面积；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第五图案；所述第五图案包括：交叉设置的第九镂空线段和第十镂空线段；所述第九镂空线段沿所述滤波电缆轴向设置且两端分别设置有第一宽化镂空区；所述第十镂空线段沿所述滤波电缆径向设置且两端分别设置有第二宽化镂空区；所述第二宽化镂空区所包围区域的面积大于所述第一宽化镂空区所包围区域的面积；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第六图案；所述第六图案包括：依次设置的第一U形镂空图案、第二U形镂空图案和第三U形镂空图案；所述第一U形镂空图案、所述第二U形镂空图案和所述第三U形镂空图案的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第二U形镂空图案的开口方向与所述第一U形镂空图案、所述第三U形镂空图案的开口方向相反；所述第二U形镂空图案的一端与所述第一U形镂空图案的一端连通，另一端与所述第三U形镂空图案的一端连通；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第七图案；所述第七图案包括：沿所述滤波电缆径向的第十一镂空线段；所述第十一镂空线段的两端分别设置成第三宽化镂空区。

在一种可能的设计中，若N的取值为1，且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第八图案；所述第八图案包括：沿所述滤波电缆径向的第十二镂空线段；所述第十二镂空线段的两端分别设置有第三单环形镂空图案；所述第三单环形镂空图案靠近所述第十二镂空线段的一侧具有非镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第九图案；所述第九图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第十三镂空线段，第十三镂空线段的一端设置有第三螺旋形镂空图案，另一端设置有第四螺旋形镂空图案；所述第三螺旋形镂空图案与第四螺旋形镂空图案不对称；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十图案；所述第十图案包括：沿所述滤波电缆轴向并排间隔设置的第十四镂空线段、第十五镂空线段；在所述第十四镂空线段、第十五镂空线段之间沿所述滤波电缆径向设置的第十六镂空线段；所述第十四镂空线段的中部通过所述第十六镂空线段与第十五镂空线段的中部连通；在所述第十四镂空线段、第十五镂空线段之间、所述第十六镂空线段两侧分别设置有第三单环形镂空图案；所述第三单环形镂空图案靠近所述第十六镂空线段的一边中部具有非镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十一图案；所述第十一图案包括：矩形的第四单环形镂空图案；所述第四单环形镂空图案的一对边沿所述滤波电缆径向设置，另一对边沿所述滤波电缆轴向设置；所述第四单环形镂空图案外侧，沿所述滤波电缆轴向设置的一对边的两端、中部均设置有第十七镂空线段；所述第十七镂空线段的一端与第四单环形镂空图案连通；两个所述第十七镂空线段之间设置有两个对称的L形镂空图案；所述L形镂空图案的拐角靠近所述第四单环形镂空图案，一边靠近所述第十七镂空线段、沿所述滤波电缆径向设置并通过沿所述滤波电缆轴向设置的镂空线段与靠近的所述第十七镂空线段连通，另一边靠近所述第四单环形镂空图案沿所述滤波电缆轴向设置；所述芯线与第四单环形镂空图案对应的区域设置有沿所述滤波电缆径向的通孔。

在一种可能的设计中，且所述预设的滤波电路包括带通滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第十二图案；所述第十二图案包括：相互间隔的第一子图案和第二子图案；所述第十二图案的第一子图案包括：依次设置的第四U形镂空图案、第五U形镂空图案和第六U形镂空图案；所述第四U形镂空图案、所述第五U形镂空图案和所述第六U形镂空图案的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第五U形镂空图案的开口方向与第四U形镂空图案、所述第六U形镂空图案的开口方向相反；所述第五U形镂空图案的一端与第四U形镂空图案的一端连通，另一端与第六U形镂空图案的一端连通；所述第十二图案的第二子图案为所述第十二图案的第一子图案沿所述滤波电缆径向旋转180°得到的图案；所述芯线与所述第十二图案的第一子图案、第二子图案之间的间隔对应的区域有第一截断区；所述第一截断区填充有第一电介质；所述第十二图案的第一子图案和第二子图案与所述芯线对应的边界上具有非镂空区；所述第一截断区两侧的所述芯线与所述缺陷导体层连接；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十三图案；所述第十三图案包括：土字形镂空图案；所述土字形镂空图案的第一竖边沿所述滤波电缆径向设置，第一横边和第二横边分别沿所述滤波电缆轴向设置；所述第一横边的长度小于第二横边的长度；所述第二横边的一端设置有第五螺旋形镂空图案，另一端设置有与第五螺旋形镂空图案完全对称的第六螺旋形镂空图案；所述第一横边的一端设置有第七螺旋形镂空图案，所述第七螺旋形镂空图案位于所述第五螺旋形镂空图案的非镂空区内，另一端设置有与第七螺旋形镂空图

案完全对称的第八螺旋形镂空图案，所述第八螺旋形镂空图案位于所述第六螺旋形镂空图案的非镂空区内；所述芯线与所述竖边对应的区域具有第二截断区，所述第二截断区填充有第二电介质；

或者，所述芯线的数量为2，所述刻蚀图案包括：多个第十四图案；所述第十四图案包括：日字形镂空图案；所述日字形镂空图案包括沿所述滤波电缆轴向设置的第三横边、第四横边和第五横边，沿所述滤波电缆径向设置的第二竖边和第三竖边；所述第四横边位于所述第三横边和所述第五横边中间；所述第四横边靠近所述第三横边的一侧中部具有沿所述滤波电缆径向设置的非镂空线段；所述第四横边上还具有长边沿所述滤波电缆轴向的第一L形非镂空区、第二L形非镂空区、第三L形非镂空区；所述第一L形非镂空区的长边与所述非镂空线段连通，短边与所述第二L形非镂空区的长边连通；所述第二L形非镂空区的短边与所述第三L形非镂空区的长边连通；两条所述芯线中，一条所述芯线位于所述第三横边与所述第四横边之间的非镂空区域且具有第三截断区，另一条所述芯线位于所述第三横边与所述第五横边之间的非镂空区域，且具有第四截断区；所述第三截断区填充有第三电介质；所述第四截断区填充有第四电介质；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十五图案；所述第十五图案包括：方波形镂空图案；所述方波形镂空图案的两端分别设置有沿所述滤波电缆径向的第四宽化镂空区。

在一种可能的设计中，所述缺陷导体层以缠绕形式设置。

在一种可能的设计中，还包括设置在所述N层缺陷导体层外的与所述N层缺陷导体层绝缘的M层屏蔽层；其中，M的取值为正整数。

## 附图说明

图1为本申请一个实施例提供的一种电缆的结构示意图；

图2为本申请另一个实施例提供的一种第一层缺陷导体层的侧视结构示意图；

图3为本申请另一个实施例提供的一种第一缺陷导体层的正视结构示意图；

图4为本申请另一个实施例提供的一种第一缺陷导体层的刻蚀图案的示意图；

图5为本申请另一个实施例提供的一种第一缺陷导体层的刻蚀图案等效电路示意图；

图6为本申请另一个实施例提供的一种第二缺陷导体层的侧视结构示意图；

图7为本申请另一个实施例提供的一种第二缺陷导体层正视结构示意图；

图8为本申请另一个实施例提供的一种第二缺陷导体层的刻蚀图案的示意图；

图9为本申请另一个实施例提供的一种缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路示意图；

图10为本申请另一个实施例提供的一种滤波电缆的滤波效果图；

图11为本申请另一个实施例提供的一种缺陷导体层的侧视结构示意图；

图12为本申请另一个实施例提供的图11所示的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图13为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 14 为本申请另一个实施例提供的图 13 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 15 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 16 为本申请另一个实施例提供的图 15 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 17 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 18 为本申请另一个实施例提供的图 17 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 19 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 20 为本申请另一个实施例提供的图 19 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 21 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 22 为本申请另一个实施例提供的图 21 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 23 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 24 为本申请另一个实施例提供的图 23 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 25 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 26 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 27 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 28 为本申请另一个实施例提供的图 27 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 29 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 30 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 31 为本申请另一个实施例提供的图 30 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图；

图 32 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图；

图 33 为本申请另一个实施例提供的图 31 所示的缺陷导体层的刻蚀图案的等效电路结构示意图。

图 34 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图。

图 35 为本申请另一个实施例提供的缺陷导体层的刻蚀图案的结构示意图。

## 具体实施方式

为了使本申请的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本申请作进一步地详细描述。

### 实施例

本实施例提供一种滤波电缆，在沿所述滤波电缆径向的横截面中，从内向外依次设置有芯线、包围所述芯线的N层缺陷导体层；其中，所述缺陷导体层上具有刻蚀图案；所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向分布式设置；所述刻蚀图案用于使得滤波电缆等效成预设的滤波电路，对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波；其中，N的取值为正整数。

实施中，N的具体数值可以根据实际需要进行设置。

其中，分布式设置是指刻蚀图案沿电缆轴向的不同位置分散设置。具体的，所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向可以呈周期性或者非周期性地分布式设置。

本方案中提供了一种全新的滤波电缆，该滤波电缆是基于缺陷导体层实现的。相关技术中没有通过基于缺陷导体层实现具有滤波功能的电缆的方案，本申请的发明人主要克服了如下技术难点：一是、通过在电缆的芯线外部增加蚀刻的周期性或非周期性的导体层，能够等效为外加电感与电容，并改变传输线的分布电容和分布电感特性，但由于缺陷结构的复杂性，不能用传统的传输线理论进行计算分析，无法通过传输线基础理论给出具体的设计指导，且通过计算电磁学方法进行仿真分析也存在建模复杂、仿真精度有限、计算时间长的问题，往往无法得到合适的缺陷导体层的具体结构；二是、通过缺陷导体层使电缆达到特定的低通、带通、带阻或高通形式的滤波性能，需要非常复杂的缺陷导体层的结构，需要在导体上蚀刻较复杂的结构且各结构之间存在相互影响，任意结构之间均有分布电容和电感，对实现滤波电缆功能有很大的影响；三是、单层缺陷导体层实现的滤波功能比较有限，对于滤波性能要求较高的情况下，需要采用多层缺陷导体层实现高性能滤波功能，多层缺陷导体层之间必须协同设计，分析具体的层间耦合问题对滤波性能的影响；四是、电缆使用环境中的弯曲、拖拽、拉伸等操作、高低温、湿度，对滤波电缆的性能影响应控制在较小范围，这就需要采用轻型、分布式参数的结构方式才能达到使用要求。本申请的发明人克服了以上技术难点，提供了基于缺陷导体层的滤波电缆，达到了良好的滤波效果。

本方案提供的滤波电缆中，通过在芯线外增加缺陷导体层，所述缺陷导体层上具有刻蚀图案，由于所述刻蚀图案能够使得滤波电缆等效成预设的滤波电路，所以可以对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波，一方面，实现了通过电缆本身的结构实现滤波，无需额外增加其它部件，并且刻蚀图案在电缆上分布式设置，所以电缆的各个部分都具有良好的滤波特性，实施中，可以根据需要设置缺陷导体层上的刻蚀图案，通过刻蚀图案使得滤波电缆等效成预设的滤波电路，达到任一所需要的滤波效果，另一方面，滤波电路的输入和输出端分布在滤波电缆的两端，不会存在较大的耦合，滤波效果非常好，又一方面，滤波电缆有一定尺寸，散热效果、可滤波的干扰功率、可靠性上也有提升。如此，可以保证电缆正常的电力或信号传输的情况下，且在不过多增加电缆重量、尺寸的情况下，使得的电缆具备很好的电磁信号滤波特性。另外，缺陷导体层具有温度稳定性，也不会影响滤波电缆的温度稳定性，缺陷导体层有一定的韧性，不会因弯曲影响性能。

本方案提供的滤波电缆可以但不限于用于电子设备之间互联、电子设备与供电装置间

互连、电子设备内部模块间互连、智能机器人内部模组间互连、智能数控机床的内部及外部等需要电力和信号有线传输情况下的互连。通过安装本申请的滤波电缆的接插件能够与电子设备壳体形成电磁连接，能够有效滤除电磁干扰信号。在遭受电子对抗干扰、雷电、静电、核爆炸、高功率微波武器、电磁脉冲弹等电磁脉冲干扰情况下，本申请的滤波电缆能够对滤波电缆上耦合的电磁应力进行有效抑制，实现保护电子设备免受电磁干扰的功能。

上述芯线位于电缆横截面的最内层，芯线的数量可以是一根或多根，每根芯线的具体结构可以包括实心柱状（如圆柱体）或者空心管状，每根芯线还可以包括单股芯线或者多股芯线。具体的，芯线的材料可以但不限于包括金属、石墨烯、金属合金、金属合金及金属镀层或导电聚合物，比如，金属丝的材料可以包括纯铜、铜镀银或者钢包铜镀银等。

实施中，上述缺陷导体层与芯线之间可以设置第一填充层，第一填充层的材料可以但不限于包括聚四氟乙烯或者聚乙烯等，可以采用缠绕或挤压发泡方式均匀包裹于芯线外侧。

若缺陷导体层的层数  $N$  的取值大于或者等于 2， $N$  层缺陷导体层之间相互绝缘设置或连接设置。具体的， $N$  层缺陷导体层之间通过设置第二填充层。其中，第二填充层的材料可以但不限于包括聚四氟乙烯或者聚乙烯，或者，可以采用聚酰亚胺薄膜或液晶聚合物（Liquid Crystal Polymer，LCP）薄膜等柔性介质制作的柔性印刷电路板等。

缺陷导体层的典型实施方式是采用聚酰亚胺薄膜或 LCP 薄膜等柔性介质制作的柔性印刷电路板。柔性印刷电路板可以是用于射频、微波或毫米波应用的基板，因为它们结合了优异的电性能和良好的加工性能。柔性介质基片的材料是均匀的，因此柔性介质基片的介电性能非常均匀。对于不同的材料公式，聚酰亚胺薄膜的相对介电常数可以在 2.2 到 3.8 之间，介电损耗正切值可以低于 0.008。工业化液晶高分子薄膜的相对介电常数为 3.3，介电损耗正切值小于 0.005。另外，柔性介质基片材料的吸水率很低（23℃，50%相对湿度时，小于 0.04%），因此在潮湿条件下尺寸和介电性能变化不大。基于这些性能，可以很容易地用柔性介质基板设计和制作不同类型的缺陷导体层，应用于不同特性的滤波电缆。

缺陷导体层中的上述刻蚀图案的刻蚀区可以呈镂空状，不做任何处理，或者可以填充有绝缘材料，其中，填充的绝缘材料可以但不限于包括聚四氟乙烯或者聚乙烯等。

在一种可能的设计中，电缆上还包括设置在所述  $N$  层缺陷导体层外的与所述  $N$  层缺陷导体层绝缘的  $M$  层屏蔽层。其中， $M$  的取值为正整数。实施中， $M$  的取值可以根据实际需要设置。

其中，屏蔽层可以但不限于包括铜镀银带、超轻镀银金属编织层或者铜镀银编织网。

实施中，屏蔽层与缺陷导体层之间通过设置第三填充层进行填充。第三填充层的材料可以但限于聚四氟乙烯或者聚乙烯等，可以采用缠绕或挤压发泡方式均匀包裹于缺陷导体层外侧。

若屏蔽层的层数  $M$  的取值大于或者等于 2， $M$  层屏蔽层之间相互绝缘设置或连接设置。具体的， $M$  层缺陷导体层之间通过设置第四填充层进行绝缘。其中，第四填充层的材料可以但不限于包括氟化乙烯丙烯聚合物等。

为了对滤波电缆进行保护，滤波电缆上还可以包括设置在  $M$  层屏蔽层外的外护套。外护套是在滤波电缆最外层对滤波电缆进行物理的防护，延长滤波电缆的使用寿命的结构，外护套的材料可以但不限于包括聚四氟乙烯、聚乙烯、氟化乙烯丙烯聚合物、硅橡胶、聚氨酯、不锈钢、RADOX、氯丁橡胶或者低烟无卤料等。

实施应用中，滤波电缆的两端可以安装接插件，便于使用。

下面以一种具体的滤波电缆的结构进行举例说明。

如图 1 所示，本实施例提供的滤波电缆中，沿滤波电缆径向的横截面从内侧至外侧依次包括芯线 1、包围芯线 1 的第一填充层 21、第一缺陷导体层 31、第二填充层 22、第二缺陷导体层 32、第三填充层 23、第一屏蔽层 41、第四填充层 24、第二屏蔽层 42、外护套 5。图 1 中仅是举例示意的一种滤波电缆的结构，并非限定，也可以采用其它的结构。

如图 2、3、4 所示，第一缺陷导体层 31 是在第一填充层 21 的圆柱面的第一缺陷导体层的导体 311 上蚀刻了周期性或非周期性的第一缺陷导体层的刻蚀图案 312，被蚀刻掉的部分可以镂空或在原位填充绝缘材料。本实施案例中，第一缺陷导体层的导体 311 的圆柱面上，周期性地蚀刻掉部分第一缺陷导体层得到的刻蚀图案 312 如图 4 所示，包括螺旋形的蚀刻图案。具体的，所述刻蚀图案包括：多个第一图案；图 4 中，所述第一图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第一镂空线段 601，第一镂空线段 601 的一端设置有第一螺旋形镂空图案 602，另一端设置有第二螺旋形镂空图案 603；所述第二螺旋形镂空图案 603 与所述第一螺旋形镂空图案 601 对称设置。基于此，如图 5 所示，第一缺陷导体层 31 的刻蚀图案可以使得滤波电缆等效电路为：在第一节点  $P_1$  和第二节点  $P_2$  上之间的传输线本质阻抗  $Z_0$  (等效电长度为  $\phi$ ) 并联接入阻抗为  $Z_2$  等效电长度为  $\Theta$ 、阻抗为  $Z_1$  等效电长度为  $2\Theta$  和阻抗为  $Z_2$  等效电长度为  $\Theta$  的短路短谐线，以及并联第一电感  $L_1$  和并联第一电阻  $R_1$ 。

其中，第一节点为滤波电缆的输入端，第二节点为滤波电缆的输出端，第一节点  $P_1$  和第二节点  $P_2$  之间的等效电路随着刻蚀图案不同而不同。

第二填充层 22 紧密包裹第一缺陷导体层 31，共同形成圆柱体结构，具体的，通过聚四氟乙烯或者聚乙烯等绝缘材料采用缠绕或挤压发泡方式均匀包裹于第一缺陷导体层 31 外侧。

如图 6、7、8 所示，第二缺陷导体层 32 是在第二填充层 22 的圆柱面外的第二缺陷导体层导体 321 上蚀刻了周期性或非周期性的第二缺陷导体层的刻蚀图案 322，被蚀刻掉的部分可以镂空或在原位填充聚四氟乙烯或者聚乙烯等绝缘材料。本实施例中，第二缺陷导体层导体 321 的圆柱面上，周期性地蚀刻掉的部分第二缺陷导体层得到的刻蚀图案 322 如图 8 所示。所述刻蚀图案包括：多个第二图案；图 8 中，所述第二图案包括：相互间隔的第一双环形镂空图案 604 和第二双环形镂空图案 605；所述第一双环形镂空图案 604 和所述第二双环形镂空图案 605 对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置；所述第一双环形镂空图案 604 和所述第二双环形镂空图案 605 的外环上靠近对称轴的一侧中部具有第一非镂空区 606；所述第一双环形镂空图案 604 和所述第二双环形镂空图案 605 的内环上远离对称轴的一侧中部具有第二非镂空区 607。

其中，所述第一双环形镂空图案 604 和所述第二双环形镂空图案 605 的形状有多种，可以但不限于矩形，图中以矩形进行示意。

所述第二缺陷导体层 32 可以使得滤波电缆等效成如图 9 所示的等效电路。图 9 中的等效电路包括第二电感  $L_2$ 、第三电感  $L_3$ 、第四电感  $L_4$ 、第五电感  $L_5$ 、第六电感  $L_6$ 、第七电感  $L_7$ 、第一电容  $C_1$ 、第二电容  $C_2$ 、第三电容  $C_3$ 、第四电容  $C_4$ 、第五电容  $C_5$ 、第六电容  $C_6$ 、第七电容  $C_7$ 。其中，第二电感  $L_2$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$  和第一电容  $C_1$  的第一端，第二电感  $L_2$  的第二端分别连接第三电感  $L_3$  的第一端、第二电容  $C_2$  的第一端；第三电感  $L_3$

的第二端分别连接第四电感  $L_4$  的第一端、第四电容  $C_4$  的第一端；第四电感  $L_4$  的第二端分别连接第五电感  $L_5$  的第一端和第五电容  $C_5$  的第一端，第五电感  $L_5$  的第二端分别连接第七电容  $C_7$  的第一端和第二节点  $P_2$ 。第二电容  $C_2$  的第二端分别连接第六电感  $L_6$  的第一端、第三电容  $C_3$  的第一端；第五电容  $C_5$  的第二端分别连接第七电感  $L_7$  的第一端、第六电容  $C_6$  的第一端；第一电容  $C_1$  的第二端、第六电感  $L_6$  的第二端、第三电容  $C_3$  的第二端、第四电容  $C_4$  的第二端、第七电感  $L_7$  的第二端、第六电容  $C_6$  的第二端、第七电容  $C_7$  的第二端均接地。

所述第三填充层 23 紧密包裹第二缺陷导体层 32，共同形成圆柱体结构，具体的，可以采用聚四氟乙烯或者聚乙烯等绝缘材料采用缠绕或挤压发泡方式均匀包裹于第二缺陷导体层外侧。

所述第一屏蔽层 41 是在第三绝缘层 23 外侧包裹了一层或多层金属屏蔽层，比如，第一屏蔽层是铜镀银带。

所述第四绝缘层 24 紧密包裹第一屏蔽层 41，共同形成圆柱体结构，比如，第四填充层的材料包括氟化乙烯丙烯聚合物。

所述第二屏蔽层 42 是在第四绝缘层 24 外侧包裹了一层或多层金属屏蔽层，比如，第二屏蔽层是超轻镀银金属编织层或者铜镀银编织网。

所述第一缺陷导体层 31、第二缺陷导体层 32、所述第一屏蔽层 41、第二屏蔽层 42 可以根据需要连接在一起，形成共地连接。

如图 10 所示，为本实施例基于缺陷导体层的滤波电缆达到的插入损耗效果图，可以看到基于缺陷导体层的滤波电缆为低通滤波电缆，长度约为 0.1 m 的基于缺陷导体层的滤波电缆能达到的插损效果是：在 0-2 GHz 的插损小于 0.5 dB，2.2-8 GHz 的插损大于 30 dB。图 10 中，横坐标表示频率，单位是 GHz（即 GH），纵坐标表示插入损耗（即差损），单位是 dB。

具体实施中，可以根据实际需要设计各种结构的刻蚀图案，达到各种需要的滤波电路的效果。在一种可能的设计中，所述预设的滤波电路可以包括低通滤波电路、带阻滤波电路或者带通滤波电路。以下对不同的刻蚀图案的结构进行举例说明。

结构一：

若  $N$  的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第三图案。

如图 11 和图 12 所示，图 12 中示出了刻蚀图案的一个周期即（虚线框 A 所示的第三图案）的具体结构，所述第三图案包括：沿所述滤波电缆轴向的第二镂空线段 608；所述第二镂空线段 608 包括第三镂空线段 609、在第三镂空线段两端对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的第四镂空线段 610 和第五镂空线段 611；与所述第二镂空线段 608 并排间隔设置的第六镂空线段 612；所述第六镂空线段 612 上与所述第三镂空线段 609 对应的区域具有第三非镂空区 613，与所述第四镂空线段 610 对应的区域具有与所述第四镂空线段 610 连通的第一窄化镂空区 614，与所述第五镂空线段 611 对应的区域具有与所述第五镂空线段 611 连通的第二窄化镂空区 615。其中，第一窄化镂空区 614、第二窄化镂空区 615 的沿滤波电缆径向的宽度比第六镂空线段 612 上的其它位置的宽度小。

本实施例中提供的是基于非对称 PI（即  $\pi$ ）形缺陷导体层的低通滤波电缆，如图 11 所示，具体实现时，可以在聚酰亚胺薄膜基板上构造具有 10 个级联不对称 PI 形第三图案的铜

层,包裹在滤波电缆的绝缘层外,实现了滤波电缆的低通滤波功能。图 12 中的第三图案作为一个谐振单元 A 的结构图,其中结构参数的典型值是:聚酰亚胺薄膜基板的相对介电常数为  $\epsilon_r=3.8$ , 损耗角正切  $\tan\delta=0.008$ , 基板尺寸长  $L_{sub}\times$ 宽  $W_{sub}\times$ 高  $H_{sub}=100\text{ mm}\times 2.6\text{ mm}\times 0.254\text{ mm}$ 。谐振单元的尺寸:第二镂空线段 608 沿滤波电缆轴向的长度  $D_1=9.3\text{ mm}$ , 第三图案的周期间隔距离  $D_2=0.7\text{ mm}$ , 第四镂空线段 610 沿滤波电缆轴向的长度  $D_3=3.9\text{ mm}$ , 第一窄化镂空区 614 用于连通的区域、第二窄化镂空区 615 用于连通的区域沿滤波电缆轴向的长度  $D_4=0.3\text{ mm}$ , 第六镂空线段 612 上位于第一窄化镂空区 614 与第三非镂空区 613 之间的长度、以及第六镂空线段 612 上位于第二窄化镂空区 615 与第三非镂空区 613 之间的长度  $D_5=1.5\text{ mm}$ , 滤波电缆绝缘层直径  $D_r=1.07\text{ mm}$ , 内导体直径  $D_i=0.5\text{ mm}$ 。第二镂空线段 608 沿滤波电缆径向的长度  $W_1=0.465\text{ mm}$ , 第二镂空线段 608 与第六镂空线段 612 相靠近的两个边之间的距离  $W_2=1\text{ mm}$ , 第一窄化镂空区 614 和第二窄化镂空区 615 比第六镂空线段 612 上的其它位置的线宽窄  $W_3=0.4\text{ mm}$ , 第二镂空线段 608 与第六镂空线段 612 相远离的两个边之间的距离  $W_4=1.965\text{ mm}$ , 第六镂空线段 612 远离第二镂空线段 608 的一侧至少具有非镂空区域沿滤波电缆径向的长度  $W_5=0.45\text{ mm}$ 。参数  $D_1$  和  $D_3$  变大能够降低响应的频率。如果滤波电缆半径小,滤波的谐振频率更低,且效果变好。本实施例的结构实现的滤波电缆具有很强的过渡带(TB)、超宽的阻带(stopband, SB)和很高的阻带性能,本实施例提出的具有 10 个级联谐振单元的缺陷导体层具有  $100\text{ mm}\times 2.6\text{ mm}\times 0.254\text{ mm}$  的紧凑尺寸,在 2.2 GHz 下插入损耗小于 1.9 dB,在 2.7 GHz 到 12 GHz 范围内具有大于 50 dB 的宽 SB,本实施例所提出的柔性低通滤波电缆具有良好的传输和低通滤波功能,有可能在无线终端中取代传统的射频同轴电缆。

#### 结构二:

若 N 的取值为 1,且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路,所述刻蚀图案包括:多个第四图案。

如图 13 所示,所述第四图案包括:两个相互间隔对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的子图案 616。所述第四图案的子图案 616 包括沿所述滤波电缆径向并排设置的第七镂空线段 617 和第八镂空线段 618;所述第七镂空线段 617 的两端分别设置有第一单环形镂空图案 619;所述第一单环形镂空图案 619 远离所述第七镂空线段 617 的一边中部具有非镂空区;所述第八镂空线段 618 的两端分别设置有第二单环形镂空图案 620;所述第二单环形镂空图案 620 远离所述第八镂空线段 618 的一边中部具有非镂空区;所述第二单环形镂空图案 620 所包围区域的面积大于所述第一单环形镂空图案 619 所包围区域的面积。其中,所述第二单环形镂空图案 619 与所述第二单环形镂空图案 620 对应镂空线段的宽度一致。所述第七镂空线段、所述第八镂空线段、所述第一单环形镂空图案的非镂空区和所述第二单环形镂空图案的非镂空区沿滤波电缆轴向的宽度一致。

从图 13 可以看出,第四图案整体非常像哑铃结构,可以认为,本实施例提供的低通滤波电缆的缺陷导体层通过在哑铃型结构的基础上,嵌入了一个 T 型的区域,形成的新缺陷导体层结构产生的两个传输零点都低于刻蚀相同方形区域尺寸的哑铃形缺陷导体层产生的传输零点。实施中,第二单环形镂空图案 620、所述第一单环形镂空图案 619 的形状可以但不限于矩形。图中以矩形为例进行示意。相应的尺寸可以根据实际需要进行设置,比如,图 13 所示的结构尺寸:第一单环形镂空图案 619 的外环的轴向长度  $D_6=5\text{ mm}$ ,第一单环

形镂空图案 619 与第二单环形镂空图案 620 之间的距离  $D_7=6\text{mm}$ ，第二单环形镂空图案 620 的外环的宽度  $D_8=8\text{mm}$ ，两个子图案的第二单环形镂空图案 620 之间的距离  $D_9=6\text{mm}$ ，第一单环形镂空图案 619 的内环沿滤波电缆轴向的长度  $D_{10}=4\text{mm}$ ，第二单环形镂空图案 620 的内环沿滤波电缆轴向的长度  $D_{11}=7\text{mm}$ ，第一单环形镂空图案 619 的外环沿滤波电缆径向的长度  $W_6=3\text{mm}$ ，第二单环形镂空图案 620 的外环沿滤波电缆径向的长度  $W_7=5\text{mm}$ ，第一单环形镂空图案 619 具有非镂空区的一边沿滤波电缆径向的长度  $W_8=1\text{mm}$ ，第二单环形镂空图案 620 具有非镂空区的一边沿滤波电缆径向的长度  $W_9=1\text{mm}$ ，第一单环形镂空图案 619 的内环沿滤波电缆径向的长度  $W_{10}=1.5\text{mm}$ ，第二单环形镂空图案 620 的内环沿滤波电缆径向的长度  $W_{11}=3.5\text{mm}$ ，第七镂空线段和第八镂空线段沿滤波电缆径向的长度  $W_{12}=1.5\text{mm}$ ，第七镂空线段沿滤波电缆径向的宽度  $g_1$ =第八镂空线段沿滤波电缆径向的宽度  $g_2$ =第一单环形镂空图案 619 具有的非镂空区沿滤波电缆轴向的长度  $g_3$ =第二单环形镂空图案 620 具有的非镂空区沿滤波电缆轴向的长度  $g_4=0.4\text{mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 14 所示的等效电路。图 14 所示的等效电路中，包括第二电阻  $R_2$ 、第八电容  $C_8$ 、第九电容  $C_9$ 、第十电容  $C_{10}$ 、第十一电容  $C_{11}$ 、第八电感  $L_8$ 、第九电感  $L_9$ 。其中，第二电阻  $R_2$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第八电感  $L_8$  的第一端、第八电容  $C_8$  的第一端、第九电容  $C_9$  的第一端，第二端分别连接第二节点  $P_2$ 、第八电感  $L_8$  的第二端、第八电容  $C_8$  的第二端、第十电容  $C_{10}$  的第一端；第九电容  $C_9$  的第二端分别连接第十一电容  $C_{11}$  的第一端、第九电感  $L_9$  的第一端、第十电容  $C_{10}$  的第二端；第十一电容  $C_{11}$  的第二端、第九电感  $L_9$  的第二端均接地。基于此结构的滤波性能包括：可以获得截止频率为 3dB 的低通滤波器，能够在 4 GHz 时表现出非常尖锐的截止频率响应和超宽的阻带，在 4.2 至 23 GHz 时的抑制高于 25dB。

### 结构三：

若  $N$  的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第五图案。如图 15 所示，所述第五图案包括：交叉设置的第九镂空线段 621 和第十镂空线段 623；所述第九镂空线段 621 沿所述滤波电缆轴向设置且两端分别设置有第一宽化镂空区 622；所述第十镂空线段 623 沿所述滤波电缆径向设置且两端分别设置有第二宽化镂空区 624；所述第二宽化镂空区 624 所包围区域的面积大于所述第一宽化镂空区 622 所包围区域的面积。

本实施例提供的是基于交叉哑铃型缺陷导体层的低通滤波电缆，从图 15 中可以看出，基于交叉哑铃型缺陷导体层的低通滤波电缆通过两个十字形交叉的哑铃型结构实现低通滤波功能，能够实现相对哑铃型结构更高的阻带抑制和更宽频段的阻带特性。基于图 15 的结构，具体的参数可以根据实际需要进行设置，比如，一些实施例中，具体参数为：第二宽化镂空区 624 沿滤波电缆轴向的长度  $W_{13}=12\text{mm}$ ，第一宽化镂空区 622 沿滤波电缆轴向的长度  $W_{14}=3\text{mm}$ ，第十镂空线段 623 沿滤波电缆轴向的长度  $W_{15}$ =第九镂空线段 621 沿滤波电缆径向的长度  $W_{16}=2\text{mm}$ ，第二宽化镂空区 624 沿滤波电缆径向的长度  $W_{17}=5\text{mm}$ ，第一宽化镂空区 622 沿滤波电缆径向的长度  $W_{18}=5\text{mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 16 所示的等效电路。图 16 中的电路包括第十电感  $L_{10}$ 、第十一电感  $L_{11}$ 、第十二电感  $L_{12}$ 、第十三电感  $L_{13}$ 、第十四电感  $L_{14}$ 、第十五电感  $L_{15}$ 、第十二电容  $C_{12}$ 、第十三电容  $C_{13}$ 、第十四电容  $C_{14}$ 、第十五电容  $C_{15}$ 、第十六电容  $C_{16}$ 、第十七电容  $C_{17}$ 、第十八电容  $C_{18}$ 。其中，第十电感  $L_{10}$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第十二电容  $C_{12}$  的第一端，第二端分别

连接第十三电容  $C_{13}$  的第一端、第十一电感  $L_{11}$  的第一端、第十四电容  $C_{14}$  的第一端；第十一电感  $L_{11}$  的第二端分别连接第十四电容  $C_{14}$  的第二端、第十二电感  $L_{12}$  的第一端；第十二电感  $L_{12}$  的第二端分别连接第十三电感  $L_{13}$  的第一端、第十五电容  $C_{15}$  的第一端；第十三电感  $L_{13}$  的第二端分别连接第十四电感  $L_{14}$  的第一端、第十六电容  $C_{16}$  的第一端；第十四电感  $L_{14}$  的第二端分别连接第十六电容  $C_{16}$  的第二端、第十五电感  $L_{15}$  的第一端、第十七电容  $C_{17}$  的第一端；第十五电感  $L_{15}$  的第二端分别连接第二节点  $P_2$ 、第十八电容  $C_{18}$  的第一端；第十二电容  $C_{12}$  的第二端、第十三电容  $C_{13}$  的第二端、第十五电容  $C_{15}$  的第二端、第十七电容  $C_{17}$  的第二端、第十八电容  $C_{18}$  的第二端分别接地。基于此结构实现的滤波性能包括：从直流到 3.5GHz 插损小于 2dB，从 4.3 到 15.8 GHz 抑制高于 20dB。

结构四：

若  $N$  的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第六图案；如图 17 所示，所述第六图案包括：依次设置的第一 U 形镂空图案 625、第二 U 形镂空图案 626 和第三 U 形镂空图案 627；所述第一 U 形镂空图案 625、所述第二 U 形镂空图案 626 和所述第三 U 形镂空图案 627 的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第二 U 形镂空图案 626 的开口方向与所述第一 U 形镂空图案 625、所述第三 U 形镂空图案 627 的开口方向相反；所述第二 U 形镂空图案 626 的一端与所述第一 U 形镂空图案 625 的一端连通，另一端与所述第三 U 形镂空图案 627 的一端连通。所述第一 U 形镂空图案 625、所述第二 U 形镂空图案 626 和所述第三 U 形镂空图案 627 的尺寸可以一致。

第六图案整体非常像一个 W，可以认为，本实施例提供的是基于 W 型缺陷导体层的低通滤波电缆，从图 17 可以看出，基于 W 型缺陷导体层的低通滤波电缆通过类似 W 的结构实现低通滤波功能，能够实现三个传输零点、锐利的滚降和较宽的阻带特性。图 17 所示的结构的具体参数为：第六图案沿滤波电缆轴向的长度  $D_{12}=5\text{ mm}$ ，U 形镂空图案的一端沿电缆轴向的长度  $D_{13}$ =U 形镂空图案的另一端沿电缆轴向的长度  $D_{14}=0.2\text{ mm}$ ，U 形镂空图案的两端之间的距离  $D_{15}=1.4\text{ mm}$ ，U 形镂空图案沿滤波电缆径向的长度  $W_{19}=13.64\text{ mm}$ ，U 形镂空图案的一端沿滤波电缆径向的长度  $W_{21}$ 、另一端沿滤波电缆径向的长度  $W_{20}=7.76\text{ mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 18 所示的等效电路。图 18 的等效电路中，包括第十六电感  $L_{16}$ 、第十七电感  $L_{17}$ 、第十八电感  $L_{18}$ 、第十九电感  $L_{19}$ 、第十九电容  $C_{19}$ 、第二十电容  $C_{20}$ 、第二十一电容  $C_{21}$ 、第二十二电容  $C_{22}$ 、第二十三电容  $C_{23}$ 、第二十四电容  $C_{24}$ 、第二十五电容  $C_{25}$ 、第二十六电容  $C_{26}$ 、第二十七电容  $C_{27}$ 、第二十八电容  $C_{28}$ 。其中，第十六电感  $L_{16}$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第十九电容  $C_{19}$  的第一端，第二端分别连接第二节点  $P_2$ 、第二十二电容  $C_{22}$  的第一端；第十九电容  $C_{19}$  的第二端分别连接第二十电容  $C_{20}$  的第一端、第二十三电容  $C_{23}$  的第一端；第二十电容  $C_{20}$  的第二端分别连接第二十一电容  $C_{21}$  的第一端、第二十四电容  $C_{24}$  的第一端；第二十一电容  $C_{21}$  的第二端分别连接第二十二电容  $C_{22}$  的第二端、第二十五电容  $C_{25}$  的第一端；第二十三电容  $C_{23}$  的第二端分别连接第二十六电容  $C_{26}$  的第一端、第十七电感  $L_{17}$  的第一端；第二十四电容  $C_{24}$  的第二端分别连接第二十七电容  $C_{27}$  的第一端、第十八电感  $L_{18}$  的第一端；第二十五电容  $C_{25}$  的第二端分别连接第二十八电容  $C_{28}$  的第一端、第十九电感  $L_{19}$  的第一端；第二十六电容  $C_{26}$  的第二端、第十七电感  $L_{17}$  的第二端、第二十七电容  $C_{27}$  的第二端、第十八电感  $L_{18}$  的第二端、第二十八电容  $C_{28}$  的第二端、第十九电感  $L_{19}$  的第二端分别接地。基于上述结构实现的滤波性能包括：过渡带

是从 3.11GHz (为截止频率) 到 3.23 GHz, 插损的变化为-3.02 dB 到-22.5dB; 阻带插损为 25 dB, 且阻带频段一直可扩展至 3.4 GHz (为截止频率)。

结构五:

若 N 的取值为 1, 且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路, 所述刻蚀图案包括: 多个第七图案; 如图 19 所示, 所述第七图案包括: 沿所述滤波电缆径向的第十一镂空线段 628; 所述第十一镂空线段 628 的两端分别设置成第三宽化镂空区 629。其中, 第三宽化镂空区 629 沿滤波电缆轴向的长度大于第十一镂空线段 628 其它区域沿滤波电缆轴向的长度, 看起来像个哑铃。

本实施例提供的是基于哑铃型缺陷导体层的低通滤波电缆, 从图 19 可以看出, 本实施例中, 基于哑铃型缺陷导体层的低通滤波电缆通过类似哑铃型 (或 I 型) 的结构实现低通滤波功能, 能够实现锐利的滚降和较宽的阻带特性。图 19 所示的结构的具体参数为: 第三宽化镂空区 629 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{16}=2.5$  mm, 第十一镂空线段 628 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{17}=0.5$  mm, 第三宽化镂空区 629 沿滤波电缆径向的长度  $W_{22}=2.6$  mm, 第十一镂空线段 628 沿滤波电缆径向的长度  $W_{23}=2.0$  mm。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 20 所示的等效电路。图 20 的等效电路中, 包括第二十电感  $L_{20}$ 、第二十九电容  $C_{29}$ 。其中, 第二十电感  $L_{20}$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第二十九电容  $C_{29}$  的第一端, 第二端分别连接第二节点  $P_2$ 、第二十九电容  $C_{29}$  的第二端。基于此结构的滤波性能包括: 过渡带是从通带为直流到 4 GHz, 插损小于 0.2dB, 阻带为 4.3GHz 到 16.2 GHz。

结构六:

若 N 的取值为 1, 且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路, 所述刻蚀图案包括: 多个第八图案; 如图 21 所示, 所述第八图案包括: 沿所述滤波电缆径向的第十二镂空线段 630; 所述第十二镂空线段 630 的两端分别设置有第三单环形镂空图案 631; 所述第三单环形镂空图案 631 靠近所述第十二镂空线段 630 的一侧具有非镂空区 632。其中, 第三单环形镂空图案 631 可以但不限于是圆环形镂空图案。

本实施例提供的是基于双圆环桥连接型缺陷导体层的带阻滤波电缆, 从图中可以看出, 基于双圆环桥连接型缺陷导体层的带阻滤波电缆通过两个蚀刻的圆环形槽、通过一个狭窄的蚀刻间隙桥连接结构实现带阻滤波功能。本实施例的结构的具体参数为: 第十二镂空线段 630 沿滤波电缆轴向的长度  $W_{24}$ =第三单环形镂空图案 631 的环形线宽  $W_{25}=0.4$  mm, 第三单环形镂空图案 631 的非镂空区的长度  $S_1=0.2$  mm, 第三单环形镂空图案 631 的外环半径  $R=4$  mm, 第十二镂空线段 630 沿滤波电缆径向的长度  $D_{18}=2$  mm。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 22 所示的等效电路。图 22 的电路中, 包括第二十一电感  $L_{21}$ 、第二十二电感  $L_{22}$ 、第三电阻  $R_3$ 、第三十电容  $C_{30}$ 、第三十一电容  $C_{31}$ 、第三十二电容  $C_{32}$ 。其中, 第二十一电感  $L_{21}$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第三十电容  $C_{30}$  的第一端, 第二端分别连接第三电阻  $R_3$  的第一端、第二十二电感  $L_{22}$  的第一端、第三十一电容  $C_{31}$  的第一端; 第三电阻  $R_3$  的第二端分别连接第二节点  $P_2$ 、第二十二电感  $L_{22}$  的第二端、第三十一电容  $C_{31}$  的第二端、第三十二电容  $C_{32}$  的第一端; 第三十电容  $C_{30}$  的第二端、第三十二电容  $C_{32}$  的第二端分别接地。基于此结构的滤波性能包括: 单个谐振单元情况下, 能够获得 1.5 GHz-1.6GHz 的阻带插损大于 20 dB, 通过级联的情况, 阻带插损还会大大提高。DC-1.4 GHz, 1.7GHz-4GHz, 通带内的插损较小, 小于 1dB。

### 结构七：

若 N 的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第九图案；如图 23 所示，所述第九图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第十三镂空线段 633，第十三镂空线段 633 的一端设置有第三螺旋形镂空图案 634，另一端设置有第四螺旋形镂空图案 635；所述第三螺旋形镂空图案 634 与第四螺旋形镂空图案 635 不对称。

本实施例提供的是基于不对称桥连接螺旋型缺陷导体层的双频段带阻滤波电缆，如图 23 所示，基于不对称桥连接螺旋型缺陷导体层的带阻滤波电缆通过两个蚀刻的不对称螺旋形缝隙、通过一个狭窄的蚀刻间隙桥连接结构实现双频段带阻滤波功能。图 23 所示的结构的具体参数为：第十三镂空线段 633 沿滤波电缆轴向的长度  $W_{26}=0.2\text{ mm}$ ，第三螺旋形镂空图案的螺距、第四螺旋形镂空图案的螺距均为  $S_2=0.2\text{ mm}$ ，第十三镂空线段 633 沿滤波电缆径向的长度  $D_{19}=2.4\text{ mm}$ ，第三螺旋形镂空图案 634 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{20}=3.2\text{ mm}$ ，第三螺旋形镂空图案 634 沿滤波电缆径向的长度  $D_{21}=3.0\text{ mm}$ ，第四螺旋形镂空图案 635 沿滤波电缆径向的长度  $D_{22}=2.4\text{ mm}$ ，第四螺旋形镂空图案 635 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{23}=2.6\text{ mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 24 所示的等效电路。图 24 的等效电路中，包括：第四电阻  $R_4$ 、第五电阻  $R_5$ 、第二十三电感  $L_{23}$ 、第二十四电感  $L_{24}$ 、第三十三电容  $C_{33}$ 、第三十四电容  $C_{34}$ 。其中，第四电阻  $R_4$  的第一端分别连接第一节点  $P_1$ 、第二十三电感  $L_{23}$  的第一端、第三十三电容  $C_{33}$  的第一端，第二端分别连接第二十三电感  $L_{23}$  的第二端、第三十三电容  $C_{33}$  的第二端、第五电阻  $R_5$  的第一端、第二十四电感  $L_{24}$  的第一端、第三十四电容  $C_{34}$  的第一端；第五电阻  $R_5$  的第二端分别连接第二十四电感  $L_{24}$  的第二端、第三十四电容  $C_{34}$  的第二端、第二节点  $P_2$ 。基于此结构的滤波性能包括：单个谐振单元情况下，能够获得 3.0 GHz 和 4.5GHz 两个阻带，且阻带插损大于 20 dB，通过级联的情况，阻带插损还会大大提高。DC-2.7 GHz，3.2GHz-4.3GHz，4.7GHz-6GHz 通带内的插损较小，小于 1dB。

### 结构八：

若 N 的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第十图案；如图 25 所示，所述第十图案包括：沿所述滤波电缆轴向并排间隔设置的第十四镂空线段 636、第十五镂空线段 637；在所述第十四镂空线段 636、第十五镂空线段 637 之间沿所述滤波电缆径向设置的第十六镂空线段 638；所述第十四镂空线段 636 的中部通过所述第十六镂空线段 638 与第十五镂空线段 637 的中部连通；在所述第十四镂空线段 636、第十五镂空线段 637 之间、所述第十六镂空线段 638 两侧分别设置有第三单环形镂空图案 639；所述第三单环形镂空图案 639 靠近所述第十六镂空线段 638 的一边中部具有非镂空区。

第十图案非常像一个对称 H 和两个 C，可以认为，本实施例提供的是基于对称 H 和 C 型缺陷导体层的带阻滤波电缆，如图 25 所示，基于对称 H 和 C 型缺陷导体层的带阻滤波电缆通过 H 形缝隙紧密地置于两个相对的 C 形缝隙之间，构成相互耦合的谐振器实现带阻滤波功能，能够在不影响差分信号的情况下显著降低共模噪声。图 25 所示的结构的具体参数为：第十四镂空线段 636、第十五镂空线段 637 沿滤波电缆轴向的长度均为  $D_{24}=6.375\text{ mm}$ ，第三单环形镂空图案 639 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{25}=2.55\text{ mm}$ ，第三单环形镂空图案 639 靠近第十六镂空线段 638 的一侧沿滤波电缆轴向的长度  $D_{26}=1.275\text{ mm}$ ，第十图案沿滤波电缆径向的长度  $W_{27}=6.375\text{ mm}$ ，第三单环形镂空图案 639 沿滤波电缆径向外环的长度  $W_{28}=4.76\text{ mm}$ ，第三单环形镂空图案 639 沿滤波电缆径向内环的长度  $W_{29}=3.4\text{ mm}$ ，第三单环形镂

空图案 639 的非镂空区与第十四镂空线段 636 靠近第三单环形镂空图案 639 一侧的非镂空区之间的距离  $W_{30}=2.04$  mm, 第十六镂空线段 638 沿滤波电缆轴向的长度  $S_3=0.255$  mm, 第三单环形镂空图案 639 远离第十六镂空线段 638 的一侧沿滤波电缆轴向的长度  $S_4=0.3$  mm, 第十四镂空线段 636、第十五镂空线段沿滤波电缆径向的长度  $S_5=0.2$  mm。基于此结构的滤波性能包括: 单个谐振单元情况下, 能够获得阻带中心频率为 8.4 GHz, 截止频率为 6.2 GHz, 阻带的带宽为 73.8%。阻带内共模插入损耗不小于 15dB, 差模插入损耗不大于 3dB。

结构九:

若 N 的取值为 1, 且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路, 所述刻蚀图案包括: 多个第十一图案; 如图 26 所示, 所述第十一图案包括: 矩形的第四单环形镂空图案 640; 所述第四单环形镂空图案 640 的一对边沿所述滤波电缆径向设置, 另一对边沿所述滤波电缆轴向设置; 所述第四单环形镂空图案外侧, 沿所述滤波电缆轴向设置的一对边的两端、中部均设置有第十七镂空线段 641; 所述第十七镂空线段 641 的一端与所述第四单环形镂空图案 640 连通; 两个所述第十七镂空线段 641 之间设置有两个对称的 L 形镂空图案 642; 所述 L 形镂空图案 642 的拐角靠近所述第四单环形镂空图案 640, 一边靠近所述第十七镂空线段 641、沿所述滤波电缆径向设置并通过沿所述滤波电缆轴向设置的镂空线段与靠近的所述第十七镂空线段 641 连通, 另一边靠近所述第四单环形镂空图案 640 沿所述滤波电缆轴向设置; 所述芯线与所述第四单环形镂空图案 640 对应的区域设置有沿所述滤波电缆径向的通孔 643。

本实施例提供的是基于对称 L 型缺陷导体层的带阻滤波电缆, 如图 26 所示, 基于对称 L 型缺陷导体层的带阻滤波电缆, 通过关于中线对称分布的 4 对 L 型缝隙构成相互耦合的谐振器实现带阻滤波功能。为了更好获得带阻响应, 利用电缆芯线通过电磁耦合来实现带阻特性, 但是耦合非常弱。因此, 为了增加电缆芯线和缺陷导体层之间的耦合, 引入了周期性的金属通孔连接, 在芯线和缺陷导体层之间产生了一种改进的耦合, 从而形成了一条很好的带阻滤波电缆。图 26 所示的结构的具体参数为: 两个 L 形镂空图案 642 靠近所述第十七镂空线段 641 一边之间的距离  $D_{27}=6.4$  mm, L 形镂空图案 642 靠近第四单环形镂空图案 640 的一边沿滤波电缆轴向的长度  $D_{28}=2.9$  mm, ; 连通 L 形镂空图案 642 与第十七镂空线段 641 的镂空线段沿滤波电缆轴向的长度  $D_{29}=0.9$  mm, 第十一图案沿滤波电缆轴向的长度  $D_{30}=15.8$  mm, 两个通孔的中心之间的距离  $D_{31}=1.0$  mm, 第十七镂空线段的长度  $W_{31}=3.7$  mm, L 形镂空图案 642 靠近所述第十七镂空线段 641 一边沿滤波电缆径向的长度  $W_{32}=2.6$  mm, L 形镂空图案 642 靠近第四单环形镂空图案 640 的一边沿滤波电缆径向的长度  $W_{33}=0.2$  mm, 通孔的直径  $d=0.5$  mm。基于此结构的滤波性能包括: 单个谐振单元情况下, 能够获得插入损耗在 4.64 GHz 时为 57.1 dB, 5.48 GHz 时为 42.6 dB, 6.16 GHz 时为 36.8 dB。在低通带内, 0.2 至 3.35GHz 的最大插入损耗为 0.5db, 在高通带内, 6.89 至 7.98GHz 的最大插入损耗为 2.0db, 而 8.12 至 10.8GHz 的最大插入损耗为 1.0db。此外, 在阻带内, 4.56-6.29 GHz 的衰减高于 28.5 dB。对于回波损耗 (Return Loss, RL), 在较低通带内, 有三个反射极点, 包括一个近直流工作点, 3.22GHz, 3.84GHz, RL 在 0.2 到 4.01GHz 之间优于 13dB。在上通带内, 还有 6.91、8.55、10.61GHz 三个反射极点, RL 在 6.75 至 11.36GHz 范围内优于 7.5dB。

结构十:

若 N 的取值为 1, 且所述预设的滤波电路包括带通滤波电路, 所述刻蚀图案包括: 多

个第十二图案；如图 27 所示，所述第十二图案包括：相互间隔的第一子图案 644 和第二子图案 645；所述第十二图案的第一子图案 644 包括：依次设置的第四 U 形镂空图案 646、第五 U 形镂空图案 647 和第六 U 形镂空图案 648；所述第四 U 形镂空图案、所述第五 U 形镂空图案和所述第六 U 形镂空图案的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第五 U 形镂空图案的开口方向与所述第四 U 形镂空图案、所述第六 U 形镂空图案的开口方向相反；所述第五 U 形镂空图案的一端与所述第四 U 形镂空图案的一端连通，另一端与所述第六 U 形镂空图案的一端连通；所述第十二图案的第二子图案 645 为所述第十二图案的第一子图案 644 沿所述滤波电缆径向旋转 180 得到的图案；所述芯线 1 与所述第十二图案的第一子图案 644、第二子图案 645 之间的间隔对应的区域有第一截断区 649；所述第一截断区 649 填充有第一电介质（图中未示意）；所述第十二图案的第一子图案 644 和第二子图案 645 与所述芯线 1 对应的边界上具有非镂空区；所述第一截断区 649 两侧的所述芯线 1 与所述缺陷导体层连接。

从图 27 中可以看出，本实施例提供的是基于交指型缺陷导体层的带通滤波电缆，如图 27 所示，基于交指型缺陷导体层的带通滤波电缆，其结构主要由四部分组成，即芯线（有截断）、介质填充层（即上述第一电介质）、芯线与缺陷导体层的连接通道（图中以圆点示意）和缺陷导体层上的交指型缺陷结构，也可以为多层结构。图 27 所示的结构的具体参数为：第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 未与第五 U 形镂空图案 647 连通的一端沿滤波电缆轴向的长度  $D_{32}=4\text{ mm}$ ，第五 U 形镂空图案 647 的底部沿滤波电缆轴向的长度  $D_{33}=4\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 未与第五 U 形镂空图案 647 连通的一端与芯线 1 对应的非镂空区沿滤波电缆轴向的长度  $D_{34}=2\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646、第五 U 形镂空图案 647 和第六 U 形镂空图案 648 中两端之间的距离  $D_{35}=2\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 的底部沿滤波电缆轴向的长度  $D_{36}=7\text{ mm}$ ，第一截断区沿滤波电缆轴向的长度  $D_{37}=1\text{ mm}$ ，第一子图案 644 和第二子图案 645 之间的距离  $D_{38}=2.4$ ，芯线的直径  $W_{34}=2\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 的 U 形口深度  $W_{35}=7.6\text{ mm}$ ，第五 U 形镂空图案 647 的 U 形口深度  $W_{36}=8.7\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 的底部与芯线对应的非镂空区的距离  $W_{37}=2.2\text{ mm}$ ，与芯线对应的非镂空区沿滤波电缆径向的长度  $W_{38}=5\text{ mm}$ ，第四 U 形镂空图案 646 和第六 U 形镂空图案 648 的端部与芯线对应的非镂空区的距离  $W_{39}=5\text{ mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 28 所示的等效电路。图 28 的电路中，包括：第三十五电容  $C_{35}$ 、第三十六电容  $C_{36}$ 、第三十七电容  $C_{37}$ 、第三十八电容  $C_{38}$ 、第三十九电容  $C_{39}$ 、第四十电容  $C_{40}$ 、第四十一电容  $C_{41}$ 、第二十五电感  $L_{25}$ 、第二十六电感  $L_{26}$ 、第二十七电感  $L_{27}$ 、第二十八电感  $L_{28}$ 、第二十九电感  $L_{29}$ 、第三十电感  $L_{30}$ 。其中，第三十五电容  $C_{35}$  分别与第一节点  $P_1$ 、第三十八电容  $C_{38}$  的第一端、第二十五电感  $L_{25}$  的第一端连接，第二端分别与第三十六电容  $C_{36}$  的第一端、第三十九电容  $C_{39}$  的第一端、第二十七电感  $L_{27}$  的第一端连接；第三十九电容  $C_{39}$  的第二端与第二十六电感  $L_{26}$  的第一端连接；第三十六电容  $C_{36}$  的第二端分别与第二十八电感  $L_{28}$  的第一端、第三十七电容  $C_{37}$  的第一端、第四十电容  $C_{40}$  的第一端连接；第四十电容  $C_{40}$  的第二端与第二十九电感  $L_{29}$  的第一端连接；第三十七电容  $C_{37}$  的第二端分别与第二节点  $P_2$ 、第三十电感  $L_{30}$  的第一端、第四十一电容  $C_{41}$  的第一端连接；第三十八电容  $C_{38}$  的第二端、第二十五电感  $L_{25}$  的第二端、第二十六电感  $L_{26}$  的第二端、第二十七电感  $L_{27}$  的第二端、第

二十八电感  $L_{28}$  的第二端、第二十九电感  $L_{29}$  的第二端、第三十电感  $L_{30}$  的第二端、第四十一电容  $C_{41}$  的第二端分别接地。基于此结构的滤波性能包括：单个谐振单元情况下，具有中心频率为 2.5GHz、带宽为 14.8% 的带通滤波性能，具有高选择性和宽上阻带的优点。对于要求高选择性和宽阻带的许多通信应用来说，它可能是一个潜在的带通应用。

结构十一：

若  $N$  的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括带通滤波电路，所述刻蚀图案包括：多个第十三图案；如图 29 所示，所述第十三图案包括：土字形镂空图案；所述土字形镂空图案的第一竖边沿所述滤波电缆径向设置，第一横边 650 和第二横边 651 分别沿所述滤波电缆轴向设置；所述第一横边 650 的长度小于所述第二横边 651 的长度；所述第二横边 651 的一端设置有第五螺旋形镂空图案 652，另一端设置有与所述第五螺旋形镂空图案 652 完全对称的第六螺旋形镂空图案 654；所述第一横边 650 的一端设置有第七螺旋形镂空图案 653，所述第七螺旋形镂空图案 653 位于所述第五螺旋形镂空图案 652 的非镂空区内，另一端设置有与所述第七螺旋形镂空图案 653 完全对称的第八螺旋形镂空图案 655，所述第八螺旋形镂空图案 655 位于所述第六螺旋形镂空图案 654 的非镂空区内；所述芯线 1 与所述土字形镂空图案的竖边对应的区域具有第二截断区 656，所述第二截断区 656 填充有第二电介质(图中未示出)。

本实施例提供的是基于曲折线型多模谐振单元缺陷导体层的带通滤波电缆，如图 29 所示，基于曲折线型多模谐振单元缺陷导体层的带通滤波电缆，其结构主要由三部分组成，即芯线(有截断)、介质填充层(即上述第二电介质)和缺陷导体层(其结构上认为包括若干曲折线型多模谐振单元)。图 29 所示的结构的具体参数为：第一横边沿滤波电缆轴向的长度  $D_{39}=7\text{mm}$ ，第十三图案沿滤波电缆径向的长度  $D_{40}=6.2\text{mm}$ ，第五螺旋形镂空图案 652、第六螺旋形镂空图案 654 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{41}=3.3\text{mm}$ ，土字形镂空图案的第二横边、第一横边、第一竖边包围的非镂空区沿滤波电缆轴向的长度  $D_{42}=3\text{mm}$ ，所述第二截断区 656 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{43}=1\text{mm}$ ，第五螺旋形镂空图案和第六螺旋形镂空图案中除端部以外的镂空线宽  $W_{40}=0.3\text{mm}$ ，沿滤波电缆轴向第五螺旋形镂空图案中的镂空线段与第七螺旋形镂空图案中的镂空线段之间的距离以及第六螺旋形镂空图案中的镂空线段与第八螺旋形镂空图案中的镂空线段之间的距离  $W_{41}=0.3\text{mm}$ ，第一横边与第二横边之间的距离  $W_{42}=0.6\text{mm}$ ，第七螺旋形镂空图案和第八螺旋形镂空图案中的镂空线宽  $W_{43}=0.3\text{mm}$ ，第五螺旋形镂空图案和第六螺旋形镂空图案中端部的镂空线宽  $W_{44}=0.3\text{mm}$ 。基于此结构的滤波性能包括：单个谐振单元情况下，可以同时产生两个通带和四个传输零点，典型情况：工作在 2.45 GHz 和 5.8 GHz (WLAN 应用) 下的双频带通滤波器，带宽分别为 12.8% 和 14.7%，最小插入损耗为 1.1 dB 和 1.0 dB，产生的四个传输零点可以提高选择性。

结构十二：

若  $N$  的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括带通滤波电路，且所述芯线的数量为 2，所述刻蚀图案包括：多个第十四图案；如图 30 所示，所述第十四图案包括：日字形镂空图案；所述日字形镂空图案包括沿所述滤波电缆轴向设置的第三横边 657、第四横边 658 和第五横边 659，沿所述滤波电缆径向设置的第二竖边 660 和第三竖边 661；所述第四横边 658 位于所述第三横边 657 和所述第五横边 659 中间；所述第四横边 658 靠近所述第三横边 657 的一侧中部具有沿所述滤波电缆径向设置的非镂空线段 662；所述第四横边 658 上还具有长

边沿所述滤波电缆轴向的第一L形非镂空区663、第二L形非镂空区664、第三L形非镂空区665；所述第一L形非镂空区663的长边与所述非镂空线段662连通，短边与所述第二L形非镂空区664的长边连通；所述第二L形非镂空区664的短边与所述第三L形非镂空区665的长边连通；两条所述芯线1中，一条所述芯线1位于所述第三横边657与所述第四横边658之间的非镂空区域且具有第三截断区666，另一条所述芯线1位于所述第四横边658与所述第五横边659之间的非镂空区域，且具有第四截断区667；所述第三截断区填充有第三电介质；所述第四截断区填充有第四电介质。

第十四图案看起来也很像哑铃，可以认为，本实施例提供的是基于哑铃型缺陷导体层的差分带通滤波电缆，如图30所示，基于哑铃型缺陷导体层的差分带通滤波电缆，其结构由哑铃型加载的差分传输线组成，镂空包围的非镂空区域中，看起来由两个电容性方形贴片通过一条薄金属条相互连接而成。在这种结构中，谐振单元将在差模信号情况下被激发，在差模信号传输中传输线电场的垂直分量是反向的。这会在谐振单元的顶部和底部产生一个电偶极矩，从而在谐振单元之间的金属条中产生电流。然而，在共模传输情况下，传输线的电场同样激励顶部和底部的电容性贴片，因此金属条上没有偶极矩和电流，谐振单元不能被激发。图30的结构的具体参数为：第三横边沿滤波电缆轴向的长度 $D_{44}=7.6\text{ mm}$ ，第二L形非镂空区664的长边沿滤波电缆轴向的长度 $D_{45}=4.2\text{ mm}$ ，第二竖边、第三竖边沿滤波电缆轴向的长度 $D_{46}=0.2\text{ mm}$ ，第三截断区、第四截断区的长度 $D_{47}=0.6\text{ mm}$ ，非镂空区域662沿滤波电缆轴向的长度 $D_{48}=0.4\text{ mm}$ ，第十四图案沿滤波电缆径向的长度 $W_{45}=15.4\text{ mm}$ ，两个芯线1间的距离 $W_{46}=5.7\text{ mm}$ ，第四横边沿滤波电缆径向的长度 $W_{47}=4.2\text{ mm}$ ，沿滤波电缆径向第一L形非镂空区663的短边加第二L形非镂空区664的长边的长度 $W_{48}=1.4\text{ mm}$ 。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图31所示的等效电路。图31的等效电路中，包括：包括第三十一电感 $L_{31}$ 、第三十二电感 $L_{32}$ 、第三十三电感 $L_{33}$ 、第三十四电感 $L_{34}$ 、第三十五电感 $L_{35}$ ，第四十二电容 $C_{42}$ 、第四十三电容 $C_{43}$ 、第四十四电容 $C_{44}$ 、第四十五电容 $C_{45}$ 、第四十六电容 $C_{46}$ 、第四十七电容 $C_{47}$ 、第四十八电容 $C_{48}$ 、第四十九电容 $C_{49}$ 。其中，第三十一电感 $L_{31}$ 的第一端与第一节点 $P_1$ 连接，第二端与第四十二电容 $C_{42}$ 的第一端连接；第四十二电容 $C_{42}$ 的第二端分别与第四十三电容 $C_{43}$ 的第一端、第四十四电容 $C_{44}$ 的第一端连接；第四十三电容 $C_{43}$ 的第二端与第三十二电感 $L_{32}$ 的第一端连接；第三十二电感 $L_{32}$ 的第二端与第二节点 $P_2$ 连接；第四十四电容 $C_{44}$ 的第二端分别与第四十五电容 $C_{45}$ 的第一端、第三十三电感 $L_{33}$ 的第一端连接；第三十三电感 $L_{33}$ 的第二端分别与第四十六电容 $C_{46}$ 的第一端、第四十七电容 $C_{47}$ 的第一端连接；第四十七电容 $C_{47}$ 的第二端分别与第四十八电容 $C_{48}$ 、第四十九电容 $C_{49}$ 的第一端连接；第四十八电容 $C_{48}$ 的第二端与第三十四电感 $L_{34}$ 的第一端连接，第四十九电容 $C_{49}$ 的第二端与第三十五电感 $L_{35}$ 的第一端连接，第四十五电容 $C_{45}$ 的第二端、第四十六电容 $C_{46}$ 的第二端、第三十四电感 $L_{34}$ 的第二端、第三十五电感 $L_{35}$ 的第二端分别接地。基于哑铃型缺陷导体层的差分带通滤波电缆可实现高阶带通滤波功能，典型的三阶滤波电缆，在1.5GHz中心频率处有6%的相对带宽，通带差模信号的插入损耗为2.4 dB，可通过选择更好的柔性基板材料来改善，从而获得更更低的插入损耗。差分通带内有超过57分贝的共模抑制，共模信号的微小通带是由于制造公差引起的不对称性造成的，通过提升加工精度能降低共模通带。

结构十三：

若  $N$  的取值为 1, 且所述预设的滤波电路包括带通滤波电路, 所述刻蚀图案包括: 多个第十五图案; 如图 32 所示, 所述第十五图案包括: 方波形镂空图案 668; 所述方波形镂空图案的两端分别设置有沿所述滤波电缆径向的第四宽化镂空区 669。方波形镂空图案看起来很曲折, 可以认为, 本实施例提供的是基于曲折线型哑铃结构的缺陷导体层带通滤波电缆, 如图 32 所示, 基于曲折线型哑铃结构的缺陷导体层带通滤波电缆, 其结构由基于曲折线型的哑铃型结构、电缆芯线和芯线与缺陷导体层的连接通道 (图中以圆点示意) 的组成, 图中看起来, 基于曲折线型哑铃结构谐振单元由两个方形缝隙和一条曲折线型缝隙相互连接而成。通过过孔与缺陷导体层之间的桥接使得等效电感和电容的分量为负。这些负分量排除了寄生的右手分支, 因此传输线只有一个纯左手分支响应特性。如图 32 所示, 曲折线型的交指线上有两个半径为 0.3 mm 的连接通道与电缆芯线相连。图 32 所示的结构的具体参数为: 第十四图案沿滤波电缆轴向的长度  $D_{49}=5.2$  mm, 方波形镂空图案 668 沿滤波电缆轴向的长度  $D_{50}=5$  mm, 第四宽化镂空区 669 沿滤波电缆径向的长度  $W_{49}=5$  mm, 方波形镂空图案 668 的方波线宽  $W_{50}=0.1$  mm, 方波形镂空图案 668 的方波间隔  $W_{51}=0.5$  mm, 方波形镂空图案 668 的周期  $W_{52}=1.1$  mm。本实施例的结构可以使得滤波电缆等效成如图 32 所示的等效电路。图 32 的等效电路中, 包括: 第三十六电感  $L_{36}$ 、第三十七电感  $L_{37}$ 、第三十八电感  $L_{38}$ 、第三十九电感  $L_{39}$ 、第四十电感  $L_{40}$ 、第四十一电感  $L_{41}$ 、第五十电容  $C_{50}$ 、第五十一电容  $C_{51}$ 、第五十二电容  $C_{52}$ 。其中, 第三十六电感  $L_{36}$  的第一端与第一节点  $P_1$  连接; 第三十六电感  $L_{36}$  的第二端分别与第三十七电感  $L_{37}$  的第一端、第五十电容  $C_{50}$  的第一端、第四十一电感  $L_{41}$  的第一端、第四十电感  $L_{40}$  的第一端、第五十一电容  $C_{51}$  的第一端、第五十二电容  $C_{52}$  的第一端连接; 第三十七电感  $L_{37}$  的第二端分别与第三十八电感  $L_{38}$  的第一端、第五十电容  $C_{50}$  的第二端、第五十一电容  $C_{51}$  的第二端、第三十九电感  $L_{39}$  的第一端、第四十电感  $L_{40}$  的第二端、第五十二电容  $C_{52}$  的第二端连接; 第三十八电感  $L_{38}$  的第二端与第二节点连接; 第三十九电感  $L_{39}$  的第二端、第四十一电感  $L_{41}$  的第二端分别接地。基于此结构的滤波性能包括: 滤波带宽为 0.624-3.51GHz, 即实现了相对带宽为 140% 的带通滤波电缆。

一些实施例中, 缺陷导体层的典型实施方式: 所述缺陷导体层以缠绕形式设置。具体的, 可以通过在绝缘层外缠绕缺陷导体层实现, 如图 34 所示的基于缺陷导体层的滤波电缆, 所述刻蚀图案包括: 多个第十六图案。第十六图案的具体结构有多种。比如, 所述第十六图案可以参考图 12 所示的 PI 状镂空图案, 如图 35 所示, PI 状镂空图案的缺陷导体层以一定角度缠绕在绝缘层外, 可以使得滤波电缆等效成低通滤波电路。本实施例中, 将缺陷导体层通过缠绕形式包裹在电缆外侧, 便于工业批量生产。

在本说明书的描述中, 参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中, 对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且, 描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任何一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例, 可以理解的是, 上述实施例是示例性的, 不能理解为对本申请的限制, 本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

## 权利要求

1、一种滤波电缆，其特征在于，在沿所述滤波电缆径向的横截面中，从内向外依次设置有芯线、包围所述芯线的N层缺陷导体层；其中，所述缺陷导体层上具有刻蚀图案；所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向分布式设置；所述刻蚀图案用于使得所述滤波电缆等效成预设的滤波电路，对所述滤波电缆中传输的信号进行滤波；其中，N的取值为正整数。

2、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，所述刻蚀图案沿所述滤波电缆轴向呈周期性或者非周期性地分布式设置。

3、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，所述刻蚀图案的刻蚀区呈镂空状或者填充有绝缘材料。

4、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，若N的取值大于或者等于2，N层缺陷导体层之间相互绝缘设置或连通设置。

5、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，若N的取值为1，所述刻蚀图案包括：多个第一图案；

所述第一图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第一镂空线段，第一镂空线段的一端设置有第一螺旋形镂空图案，另一端设置有第二螺旋形镂空图案；

所述第二螺旋形镂空图案与所述第一螺旋形镂空图案对称设置。

6、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，若N的取值为1，所述刻蚀图案包括：多个第二图案；

所述第二图案包括：相互间隔的第一双环形镂空图案和第二双环形镂空图案；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案的外环上靠近对称轴的一侧中部具有第一非镂空区；

所述第一双环形镂空图案和所述第二双环形镂空图案的内环上远离对称轴的一侧中部具有第二非镂空区。

7、根据权利要求1所述的滤波电缆，其特征在于，所述预设的滤波电路包括低通滤波电路、带阻滤波电路或者带通滤波电路。

8、根据权利要求7所述的滤波电缆，其特征在于，若N的取值为1，且所述预设的滤波电路包括低通滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第三图案；所述第三图案包括：沿所述滤波电缆轴向的第二镂空线段；所述第二镂空线段包括第三镂空线段、在第三镂空线段两端对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的第四镂空线段和第五镂空线段；与所述第二镂空线段并排间隔设置的第六镂空线段；所述第六镂空线段上与所述第三镂空线段对应的区域具有第三非镂空区，与所述第四镂空线段对应的区域具有与所述第四镂空线段连通的第一窄化镂空区，与所述第五镂空线段对应的区域具有与所述第五镂空线段连通的第二窄化镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第四图案；所述第四图案包括：两个相互间隔对称且对称轴沿所述滤波电缆径向设置的子图案；所述第四图案的子图案包括沿所述滤波电缆径向并排设置的第七镂空线段和第八镂空线段；所述第七镂空线段的两端分别设置有第一单环形镂空图案；所述第一单环形镂空图案远离所述第七镂空线段的一边中部具有非镂空区；

所述第八镂空线段的两端分别设置有第二单环形镂空图案；所述第二单环形镂空图案远离所述第八镂空线段的一边中部具有非镂空区；所述第二单环形镂空图案所包围区域的面积大于所述第一单环形镂空图案所包围区域的面积；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第五图案；所述第五图案包括：交叉设置的第九镂空线段和第十镂空线段；所述第九镂空线段沿所述滤波电缆轴向设置且两端分别设置有第一宽化镂空区；所述第十镂空线段沿所述滤波电缆径向设置且两端分别设置有第二宽化镂空区；所述第二宽化镂空区所包围区域的面积大于所述第一宽化镂空区所包围区域的面积；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第六图案；所述第六图案包括：依次设置的第一 U 形镂空图案、第二 U 形镂空图案和第三 U 形镂空图案；所述第一 U 形镂空图案、所述第二 U 形镂空图案和所述第三 U 形镂空图案的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第二 U 形镂空图案的开口方向与所述第一 U 形镂空图案、所述第三 U 形镂空图案的开口方向相反；所述第二 U 形镂空图案的一端与所述第一 U 形镂空图案的一端连通，另一端与所述第三 U 形镂空图案的一端连通；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第七图案；所述第七图案包括：沿所述滤波电缆径向的第十一镂空线段；所述第十一镂空线段的两端分别设置成第三宽化镂空区。

9、根据权利要求 7 所述的滤波电缆，其特征在于，若 N 的取值为 1，且所述预设的滤波电路包括带阻滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第八图案；所述第八图案包括：沿所述滤波电缆径向的第十二镂空线段；所述第十二镂空线段的两端分别设置有第三单环形镂空图案；所述第三单环形镂空图案靠近所述第十二镂空线段的一侧具有非镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第九图案；所述第九图案包括：沿所述滤波电缆径向设置的第十三镂空线段，第十三镂空线段的一端设置有第三螺旋形镂空图案，另一端设置有第四螺旋形镂空图案；所述第三螺旋形镂空图案与所述第四螺旋形镂空图案不对称；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十图案；所述第十图案包括：沿所述滤波电缆轴向并排间隔设置的第十四镂空线段、第十五镂空线段；在所述第十四镂空线段、第十五镂空线段之间沿所述滤波电缆径向设置的第十六镂空线段；所述第十四镂空线段的中部通过所述第十六镂空线段与第十五镂空线段的中部连通；在所述第十四镂空线段、第十五镂空线段之间、所述第十六镂空线段两侧分别设置有第三单环形镂空图案；所述第三单环形镂空图案靠近所述第十六镂空线段的一边中部具有非镂空区；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十一图案；所述第十一图案包括：矩形的第四单环形镂空图案；所述第四单环形镂空图案的一对边沿所述滤波电缆径向设置，另一对边沿所述滤波电缆轴向设置；所述第四单环形镂空图案外侧，沿所述滤波电缆轴向设置的一对边的两端、中部均设置有第十七镂空线段；所述第十七镂空线段的一端与所述第四单环形镂空图案连通；两个所述第十七镂空线段之间设置有两个对称的 L 形镂空图案；所述 L 形镂空图案的拐角靠近所述第四单环形镂空图案，一边靠近所述第十七镂空线段、沿所述滤波电缆径向设置并通过沿所述滤波电缆轴向设置的镂空线段与靠近的所述第十七镂空线段连通，另一边靠近所述第四单环形镂空图案沿所述滤波电缆轴向设置；所述芯线与所述第四单环形镂空图案对应的区域设置有沿所述滤波电缆径向的通孔。

10、根据权利要求 7 所述的滤波电缆，其特征在于，若 N 的取值为 1，且所述预设的

滤波电路包括带通滤波电路；

所述刻蚀图案包括：多个第十二图案；所述第十二图案包括：相互间隔的第一子图案和第二子图案；所述第十二图案的第一子图案包括：依次设置的第四 U 形镂空图案、第五 U 形镂空图案和第六 U 形镂空图案；所述第四 U 形镂空图案、所述第五 U 形镂空图案和所述第六 U 形镂空图案的开口沿所述滤波电缆径向设置；其中，所述第五 U 形镂空图案的开口方向与所述第四 U 形镂空图案、所述第六 U 形镂空图案的开口方向相反；所述第五 U 形镂空图案的一端与所述第四 U 形镂空图案的一端连通，另一端与所述第六 U 形镂空图案的一端连通；所述第十二图案的第二子图案为所述第十二图案的第一子图案沿所述滤波电缆径向旋转 180 得到的图案；所述芯线与所述第十二图案的第一子图案、第二子图案之间的间隔对应的区域有第一截断区；所述第一截断区填充有第一电介质；所述第十二图案的第一子图案和第二子图案与所述芯线对应的边界上具有非镂空区；所述第一截断区两侧的所述芯线与所述缺陷导体层连接；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十三图案；所述第十三图案包括：土字形镂空图案；所述土字形镂空图案的第一竖边沿所述滤波电缆径向设置，第一横边和第二横边分别沿所述滤波电缆轴向设置；所述第一横边的长度小于所述第二横边的长度；所述第二横边的一端设置有第五螺旋形镂空图案，另一端设置有与所述第五螺旋形镂空图案完全对称的第六螺旋形镂空图案；所述第一横边的一端设置有第七螺旋形镂空图案，所述第七螺旋形镂空图案位于所述第五螺旋形镂空图案的非镂空区内，另一端设置有与所述第七螺旋形镂空图案完全对称的第八螺旋形镂空图案，所述第八螺旋形镂空图案位于所述第六螺旋形镂空图案的非镂空区内；所述芯线与所述竖边对应的区域具有第二截断区，所述第二截断区填充有第二电介质；

或者，所述芯线的数量为 2，所述刻蚀图案包括：多个第十四图案；所述第十四图案包括：日字形镂空图案；所述日字形镂空图案包括沿所述滤波电缆轴向设置的第三横边、第四横边和第五横边，沿所述滤波电缆径向设置的第二竖边和第三竖边；所述第四横边位于所述第三横边和所述第五横边中间；所述第四横边靠近所述第三横边的一侧中部具有沿所述滤波电缆径向设置的非镂空线段；所述第四横边上还具有长边沿所述滤波电缆轴向的第一 L 形非镂空区、第二 L 形非镂空区、第三 L 形非镂空区；所述第一 L 形非镂空区的长边与所述非镂空线段连通，短边与所述第二 L 形非镂空区的长边连通；所述第二 L 形非镂空区的短边与所述第三 L 形非镂空区的长边连通；两条所述芯线中，一条所述芯线位于所述第三横边与所述第四横边之间的非镂空区域且具有第三截断区，另一条所述芯线位于所述第三横边与所述第五横边之间的非镂空区域，且具有第四截断区；所述第三截断区填充有第三电介质；所述第四截断区填充有第四电介质；

或者，所述刻蚀图案包括：多个第十五图案；所述第十五图案包括：方波形镂空图案；所述方波形镂空图案的两端分别设置有沿所述滤波电缆径向的第四宽化镂空区。

11、根据权利要求 1 所述的滤波电缆，其特征在于，所述缺陷导体层以缠绕形式设置。

12、根据权利要求 1~11 任一项所述的滤波电缆，其特征在于，还包括设置在所述 N 层缺陷导体层外的与所述 N 层缺陷导体层绝缘的 M 层屏蔽层；其中，M 的取值为正整数。

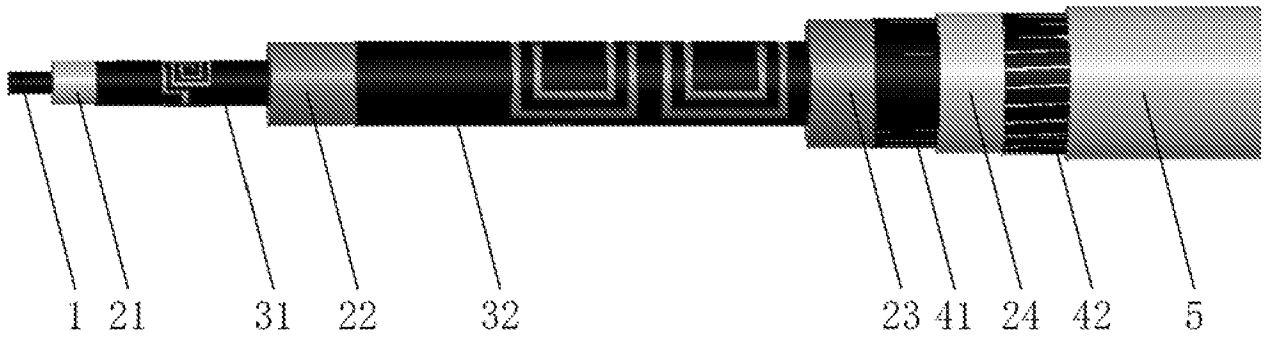


图 1

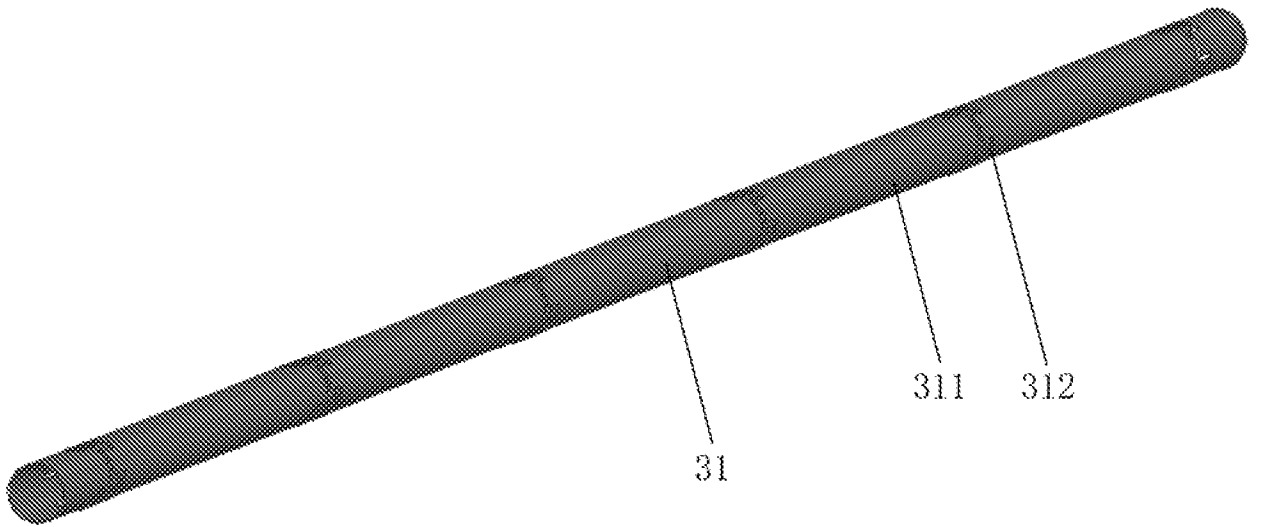


图 2

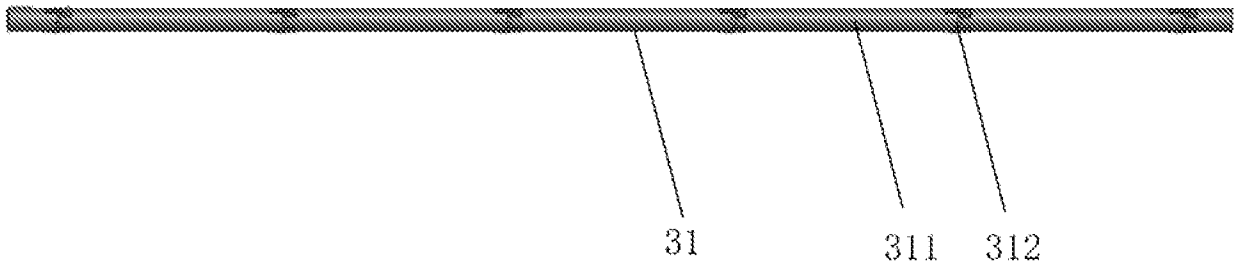


图 3

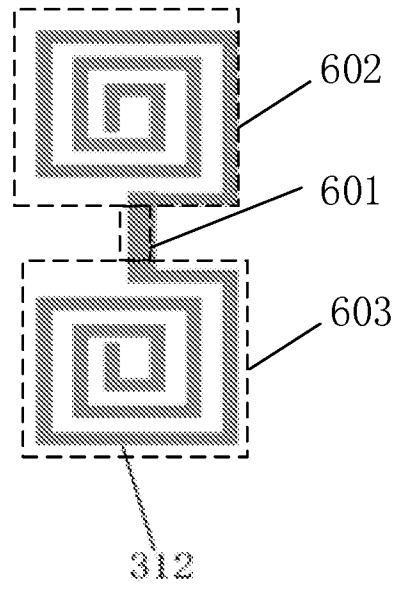


图 4

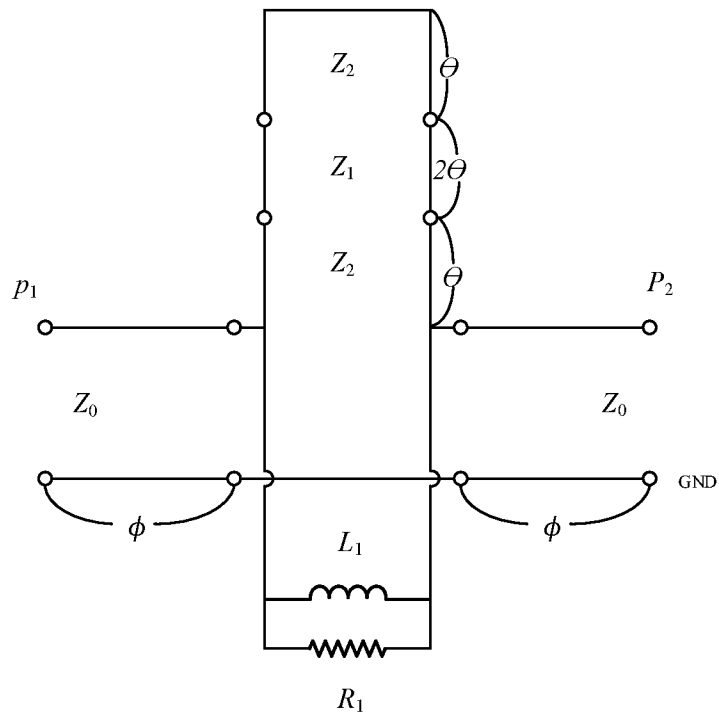


图 5

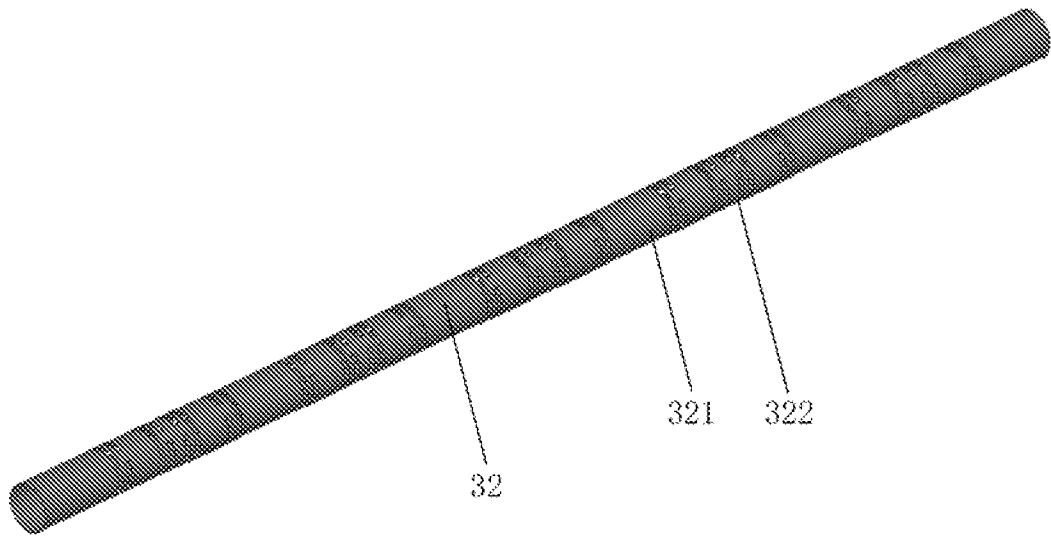


图 6

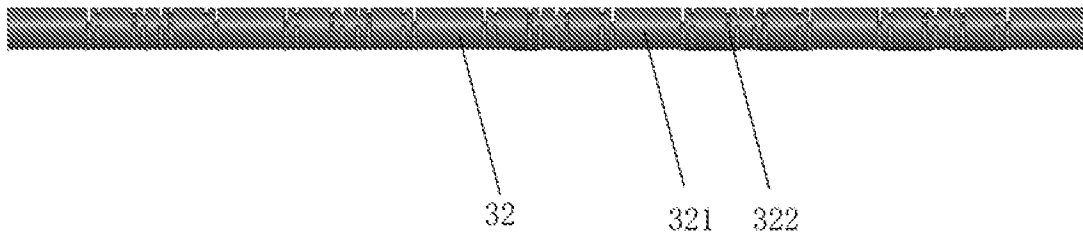


图 7

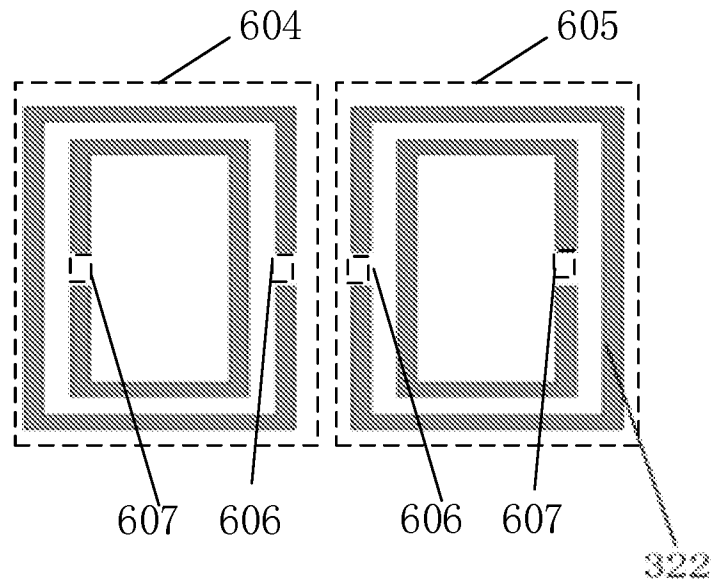


图 8

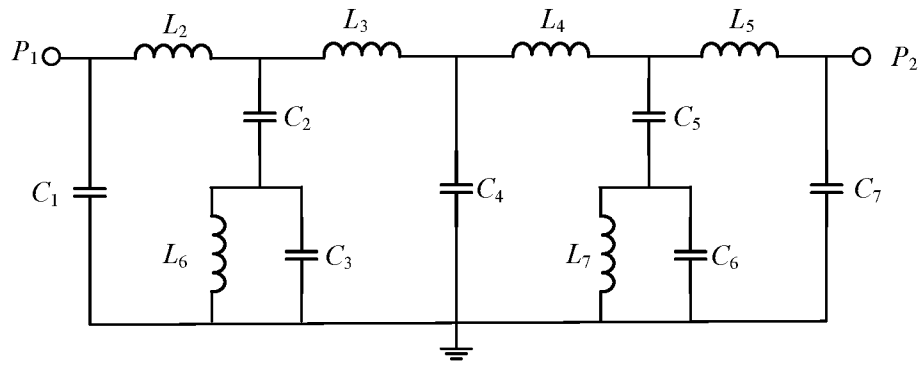


图 9

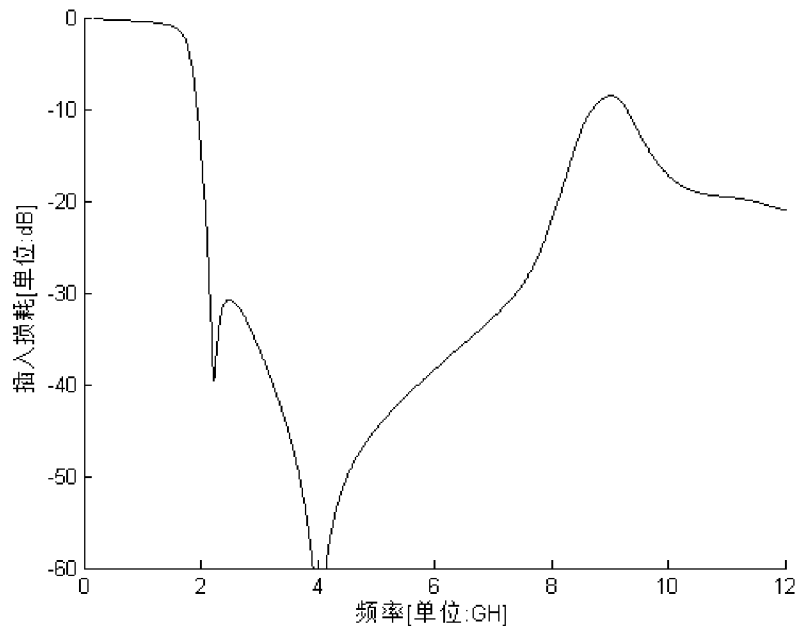


图 10



图 11

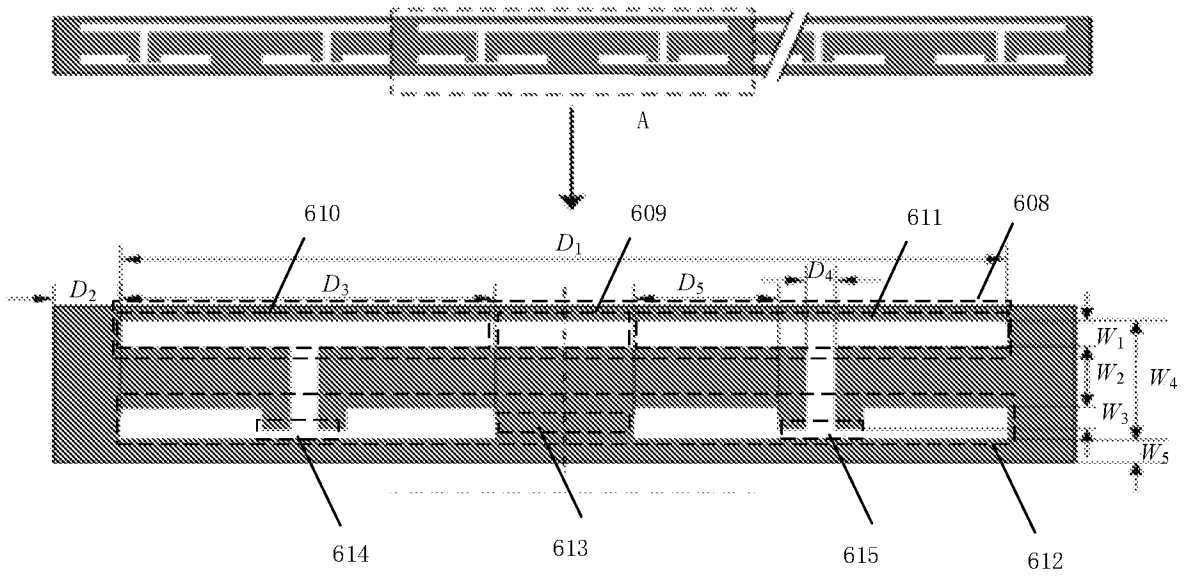


图 12

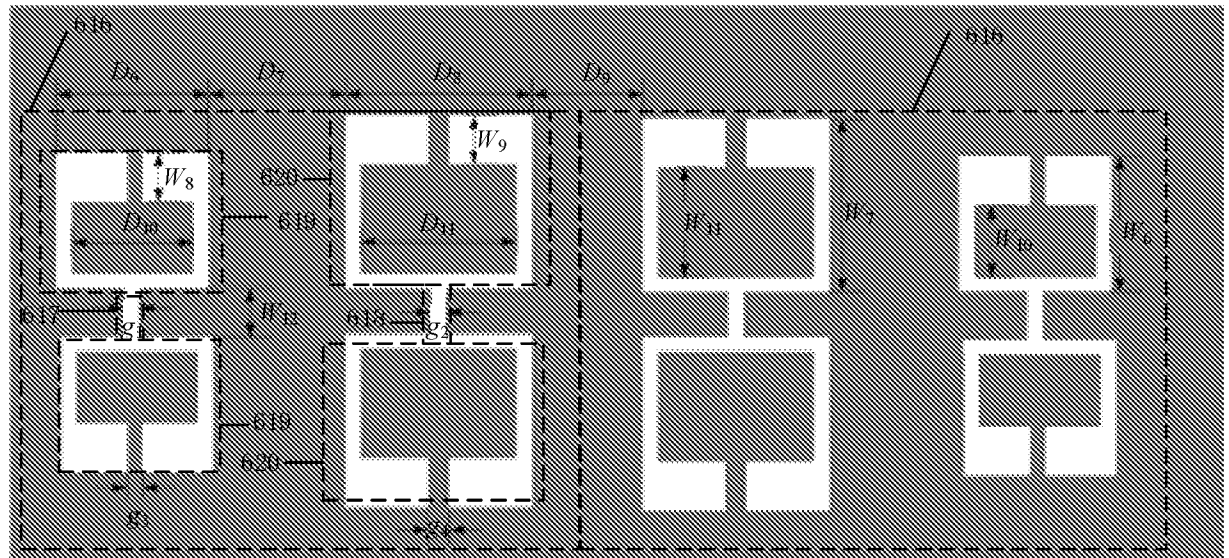


图 13

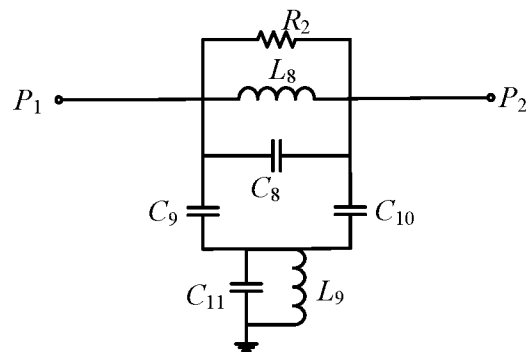


图 14

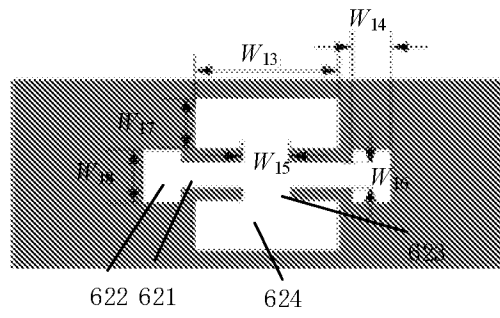


图 15

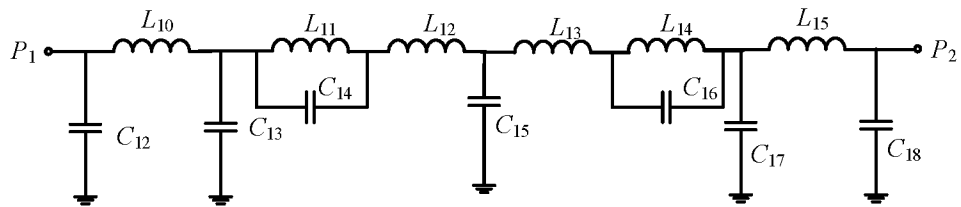


图 16

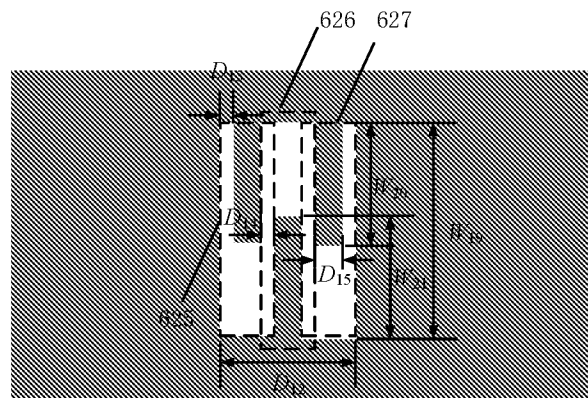


图 17

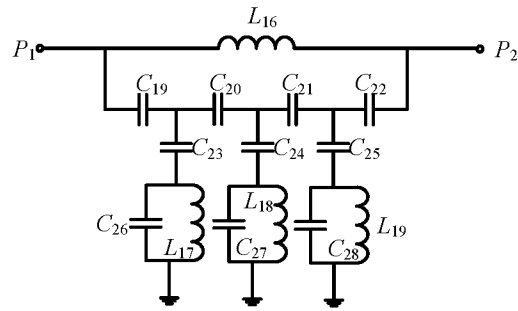


图 18

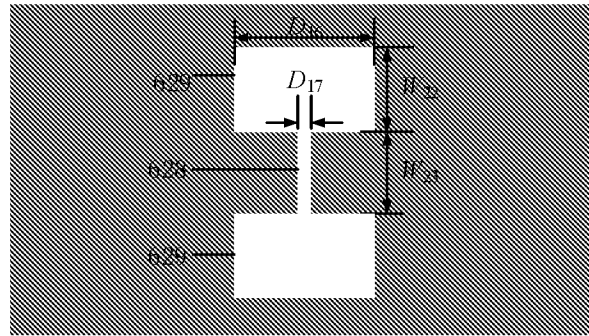


图 19

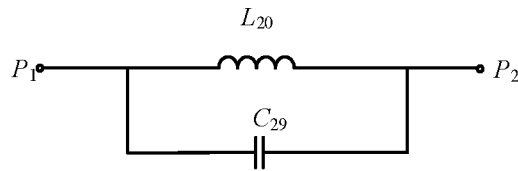


图 20

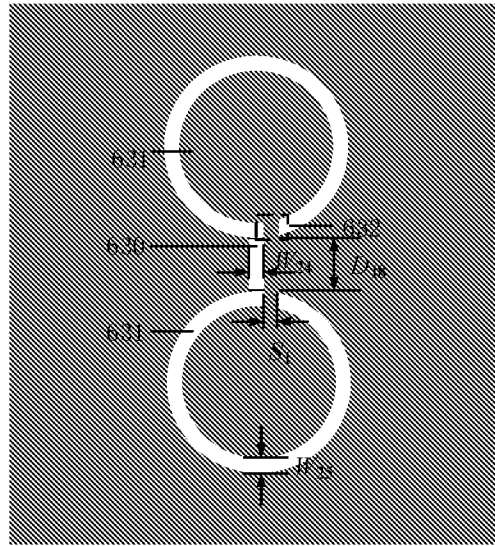


图 21

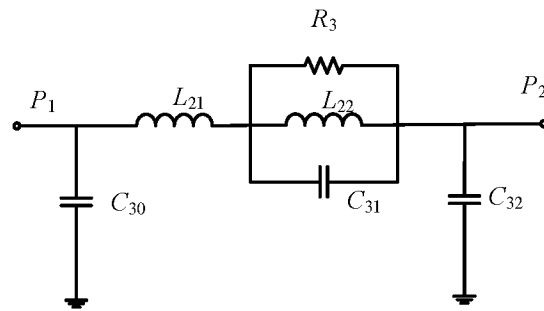


图 22

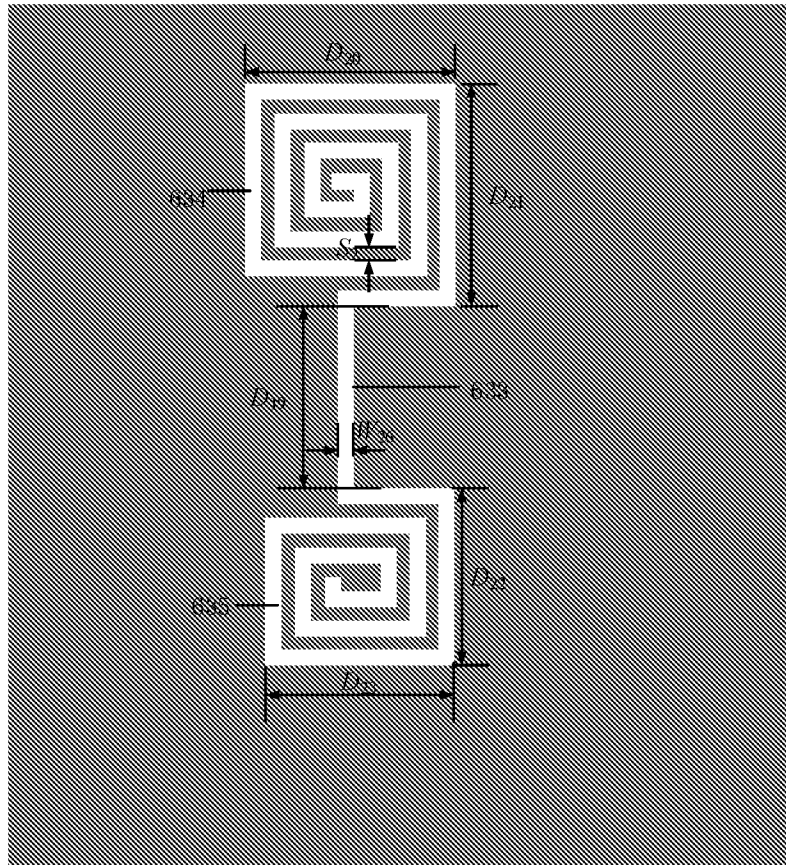


图 23

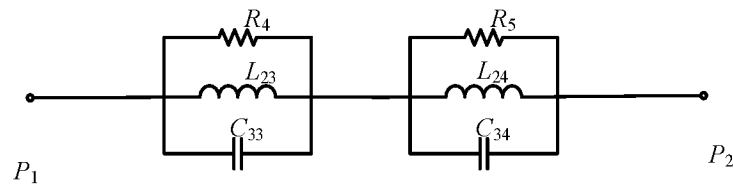


图 24

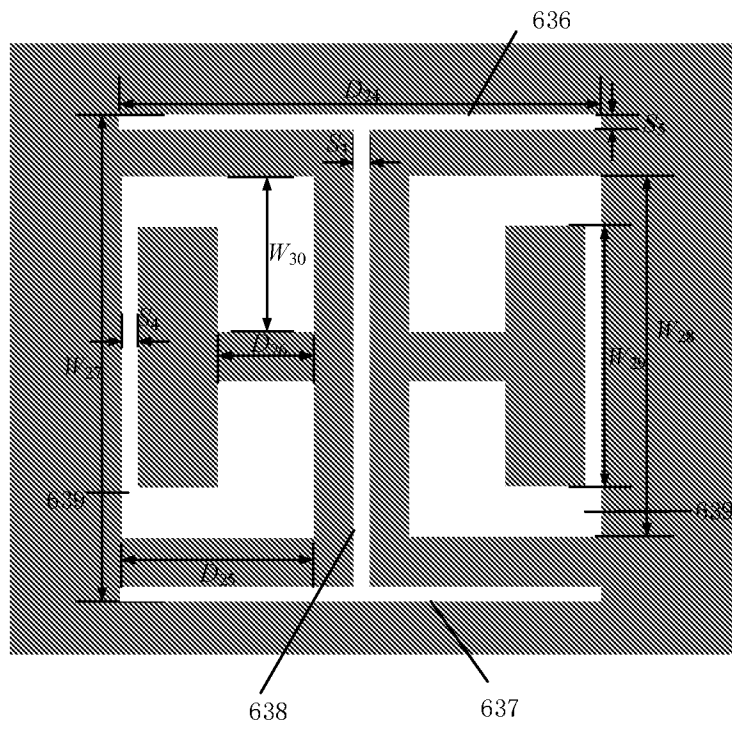


图 25

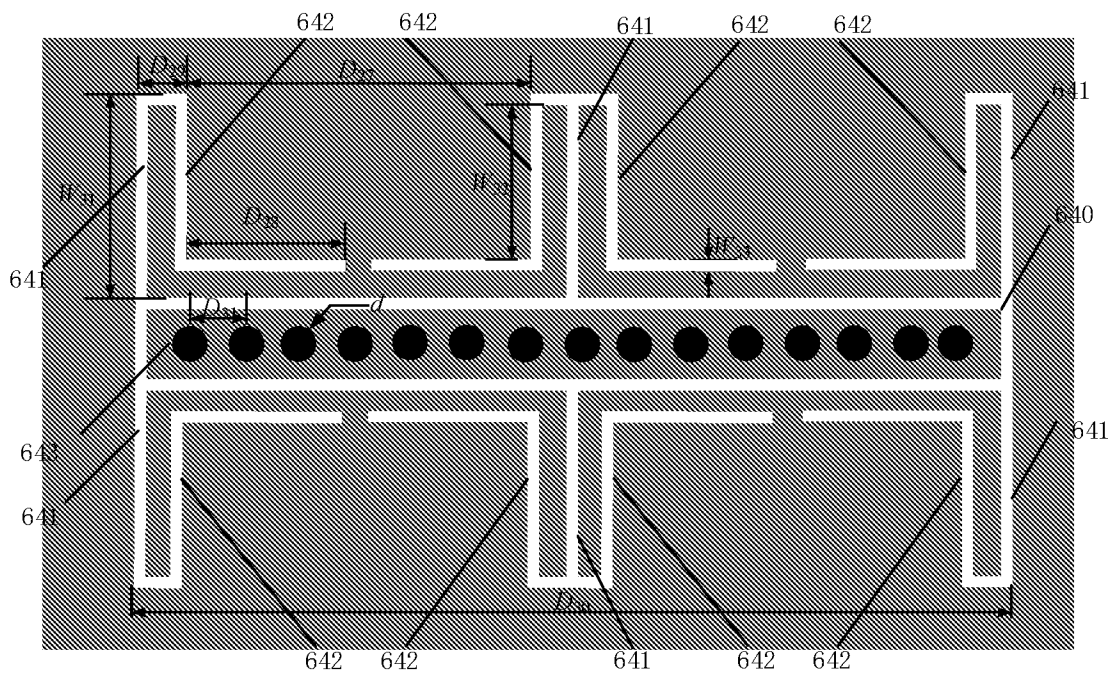


图 26

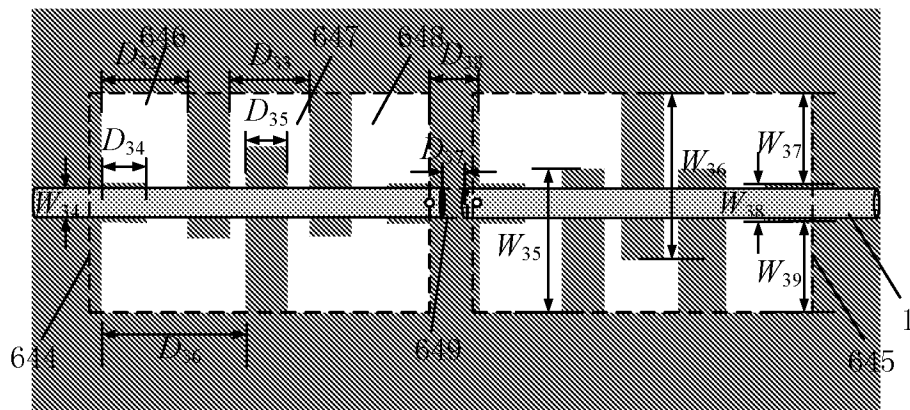


图 27

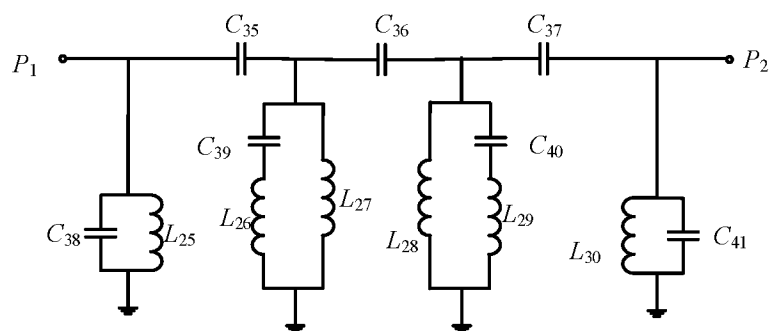


图 28

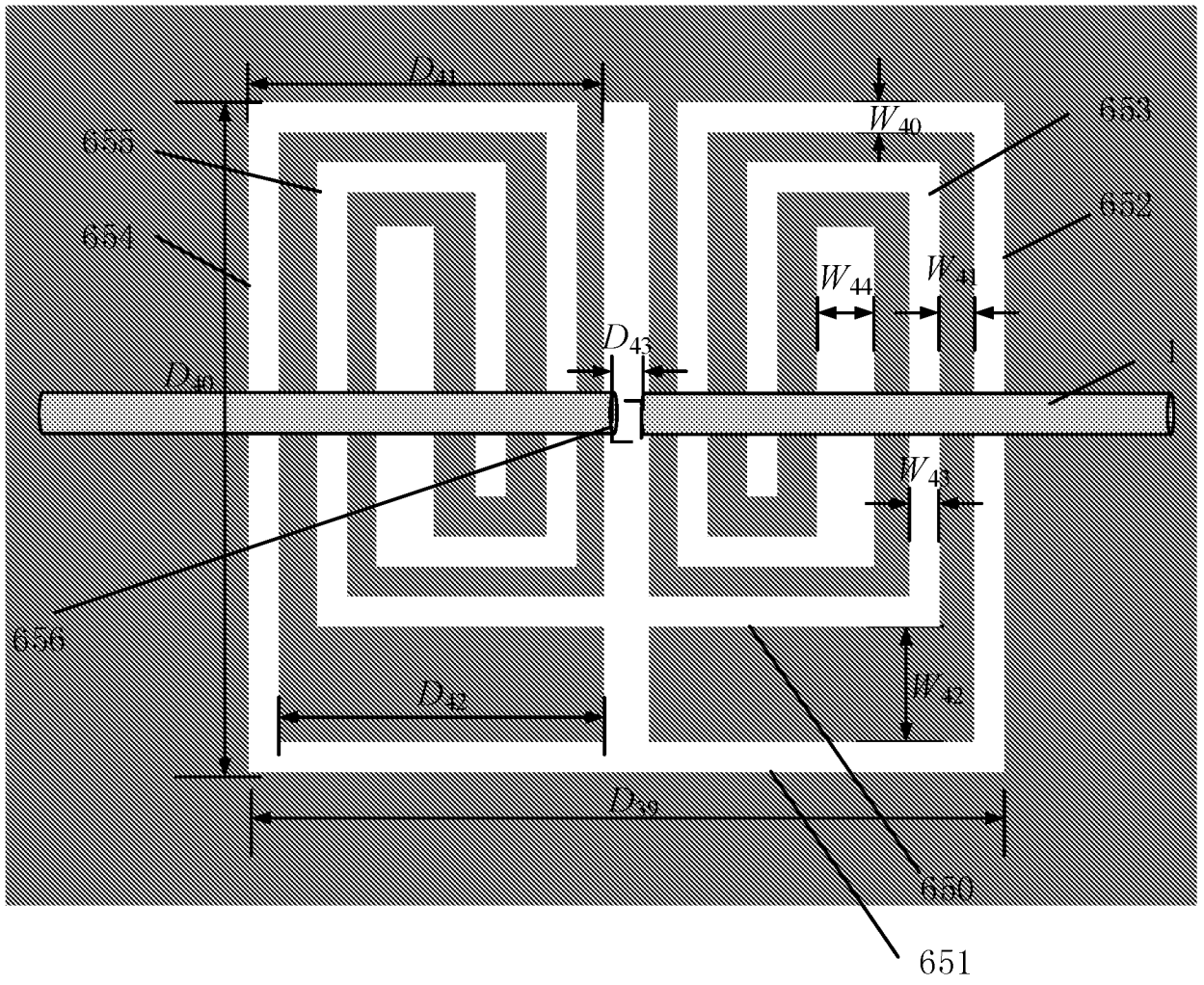


图 29

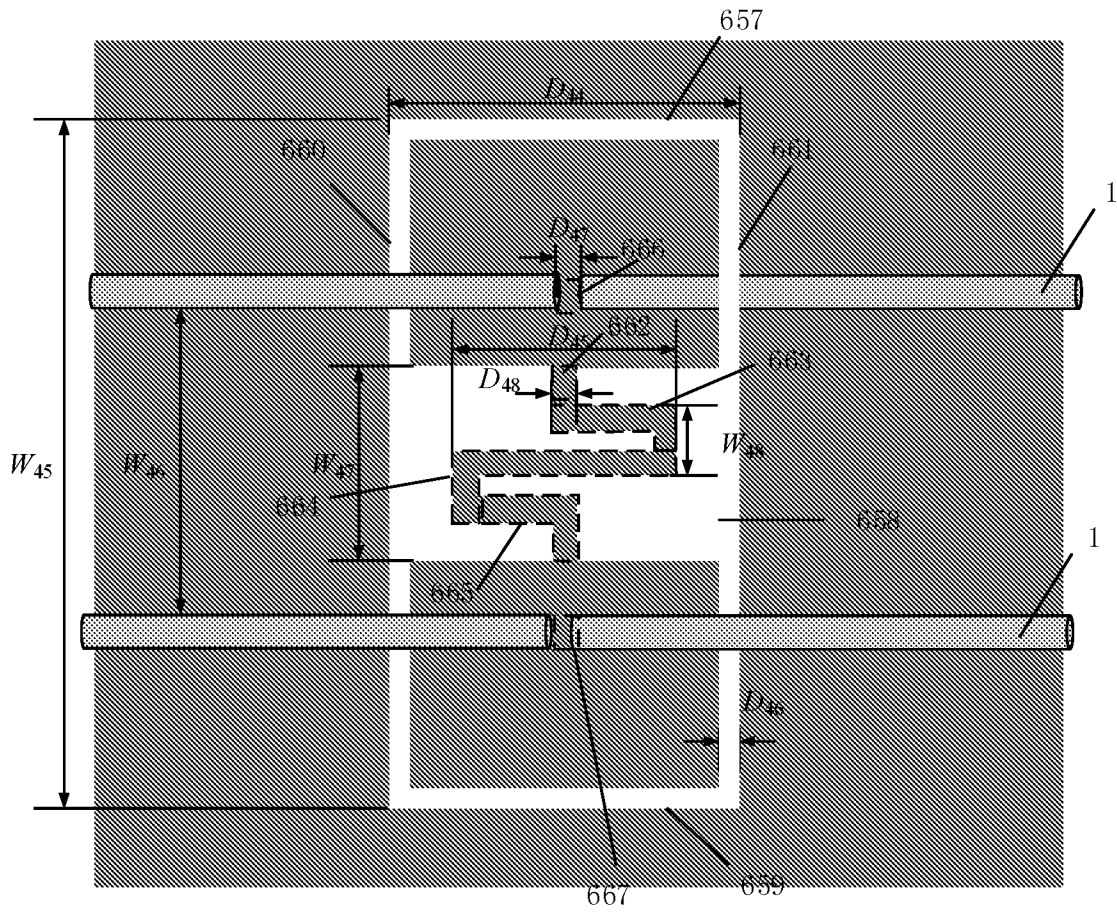


图 30

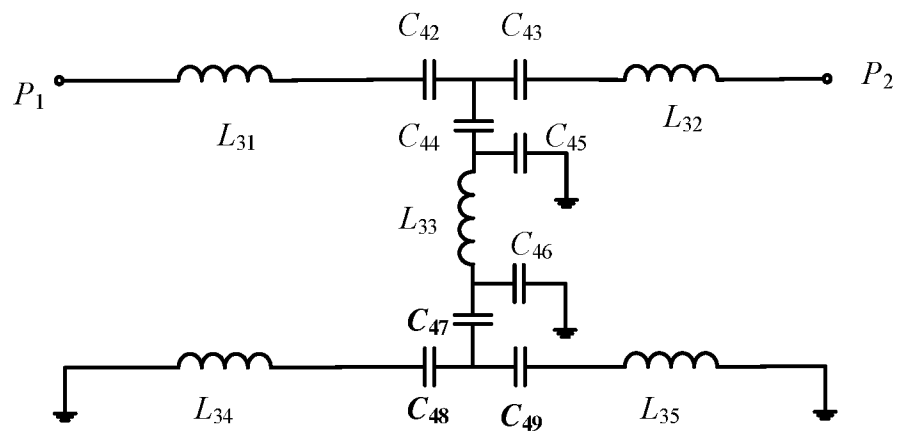


图 31

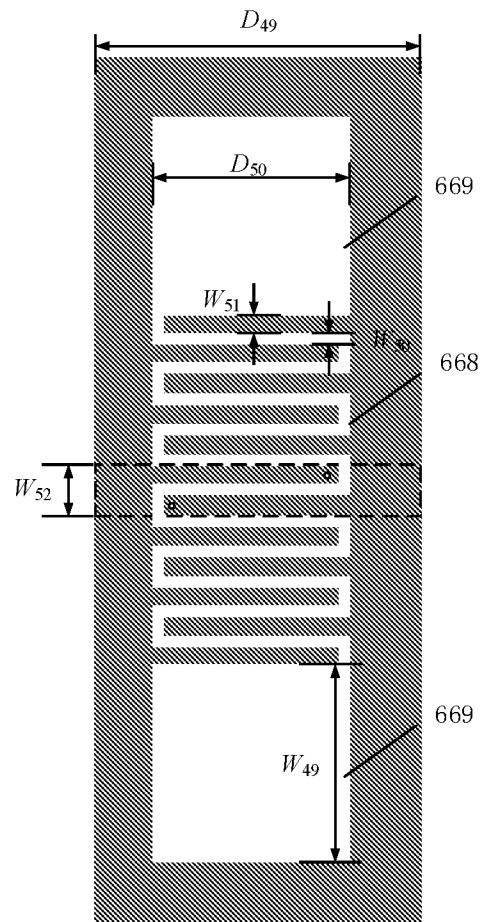


图 32

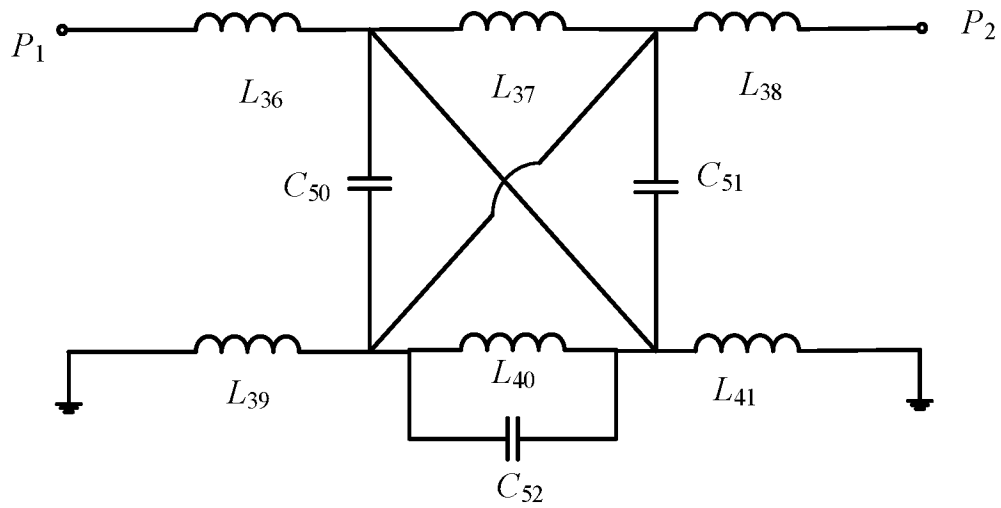


图 33



图 34

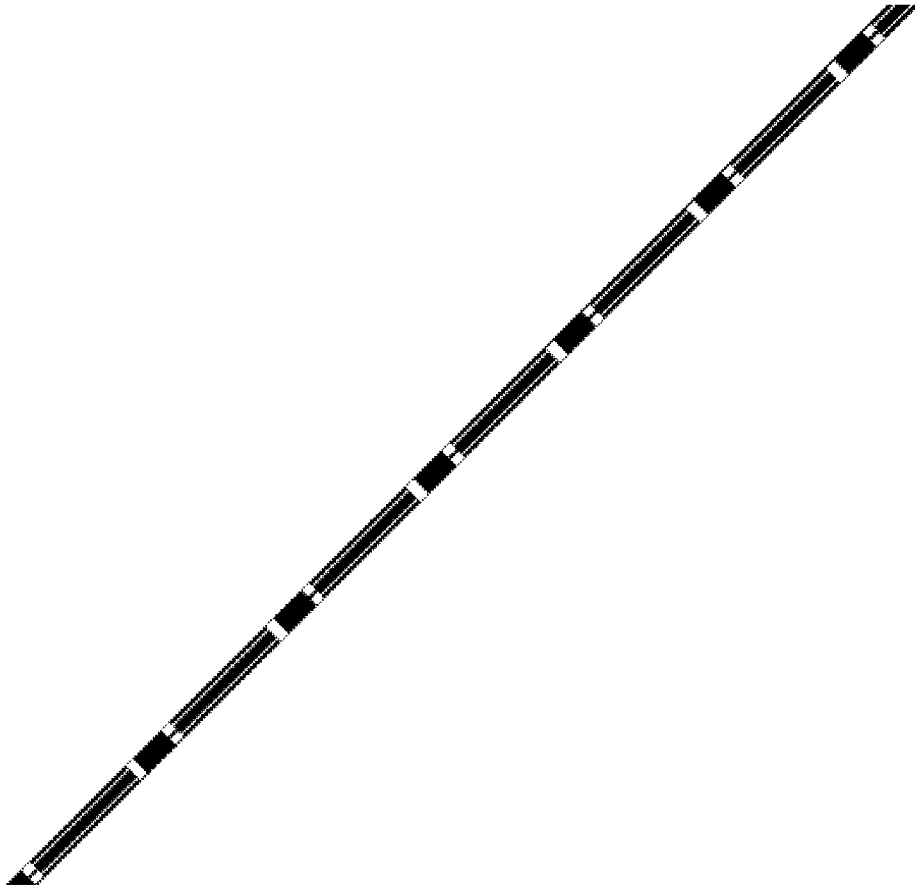


图 35

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/091830

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
H01B 11/10(2006.01)i; H01B 7/18(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
H01B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
WPI, EPODOC, CNPAT, CNKI: 蚀刻, 刻蚀, 线, 缆, 图案, 滤波, 扰, 噪, 螺旋, 环, 减少, 降低, 屏蔽, cable?, pattern?, etch+, disturb+, shield+		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 102341867 A (PANDUIT CORP.) 01 February 2012 (2012-02-01) description, paragraphs 35-56, and figures 1-6	1-7, 11-12
A	CN 201303038 Y (ZHONGTIAN HITACHI RADIO FREQUENCY CABLE CO., LTD. et al.) 02 September 2009 (2009-09-02) entire document	1-12
A	CN 205140595 U (CHINA XD GROUP) 06 April 2016 (2016-04-06) entire document	1-12
A	KR 100817981 B1 (LS CORP.) 31 March 2008 (2008-03-31) entire document	1-12
A	JP H07131236 A (FUJIKURA LTD.) 19 May 1995 (1995-05-19) entire document	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
15 March 2020		25 March 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2019/091830**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	102341867	A	01 February 2012	EP 3376509 A1	19 September 2018
				US 9269479 B2	23 February 2016
				TW 201101341 A	01 January 2011
				US 2016155541 A1	02 June 2016
				CA 2753384 A1	10 September 2010
				US 2010224389 A1	09 September 2010
				EP 2404300 B1	12 December 2018
				TW 1497531 B	21 August 2015
				JP 2014078516 A	01 May 2014
				WO 2010101912 A1	10 September 2010
				US 8558115 B2	15 October 2013
				AU 2010221468 B2	07 August 2014
				KR 20110123776 A	15 November 2011
				JP 2012519939 A	30 August 2012
				EP 3376509 B1	16 October 2019
				CA 2753384 C	18 August 2015
				JP 5731623 B2	10 June 2015
				KR 101573749 B1	02 December 2015
				JP 5748883 B2	15 July 2015
				CN 102341867 B	19 March 2014
				JP 2014143218 A	07 August 2014
				EP 2404300 A1	11 January 2012
				AU 2010221468 A1	08 September 2011
				JP 5722240 B2	20 May 2015
				US 2014027036 A1	30 January 2014
				BR 201009791 B1	07 May 2019
				BR 201009791 A2	15 March 2016
				MX 2011009129 A	30 September 2011
				IN 201107062 P4	30 November 2012
				AU 2014233636B B2	16 February 2017
				AU 2014233636 A1	16 October 2014
				HK 1160546 A1	13 September 2019
				MX 314668 B	28 October 2013
				HK 1160546A0 A0	17 August 2012
-----					
CN	201303038	Y	02 September 2009	None	
-----					
CN	205140595	U	06 April 2016	None	
-----					
KR	100817981	B1	31 March 2008	None	
-----					
JP	H07131236	A	19 May 1995	None	
-----					

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/091830

<p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>H01B 11/10(2006.01)i; H01B 7/18(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																																
<p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>H01B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>WPI, EPDOC, CNPAT, CNKI: 蚀刻, 刻蚀, 线, 缆, 图案, 滤波, 扰, 噪, 螺旋, 环, 减少, 降低, 屏蔽, cable?, pattern?, etch+, disturb+, shield+</p>																																
<p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 102341867 A (泛达公司) 2012年 2月 1日 (2012 - 02 - 01) 说明书35-56段, 附图1-6</td> <td>1-7, 11-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 201303038 Y (中天日立射频电缆有限公司 等) 2009年 9月 2日 (2009 - 09 - 02) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 205140595 U (中国西电集团公司) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 100817981 B1 (LS CORP.) 2008年 3月 31日 (2008 - 03 - 31) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP H07131236 A (FUJIKURA LTD.) 1995年 5月 19日 (1995 - 05 - 19) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table> <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td>* 引用文件的具体类型:</td> <td>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</td> </tr> <tr> <td>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</td> <td>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</td> <td>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</td> </tr> <tr> <td>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</td> <td>“&amp;” 同族专利的文件</td> </tr> <tr> <td>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</td> <td></td> </tr> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	CN 102341867 A (泛达公司) 2012年 2月 1日 (2012 - 02 - 01) 说明书35-56段, 附图1-6	1-7, 11-12	A	CN 201303038 Y (中天日立射频电缆有限公司 等) 2009年 9月 2日 (2009 - 09 - 02) 全文	1-12	A	CN 205140595 U (中国西电集团公司) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 全文	1-12	A	KR 100817981 B1 (LS CORP.) 2008年 3月 31日 (2008 - 03 - 31) 全文	1-12	A	JP H07131236 A (FUJIKURA LTD.) 1995年 5月 19日 (1995 - 05 - 19) 全文	1-12	* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件	“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件		“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																														
X	CN 102341867 A (泛达公司) 2012年 2月 1日 (2012 - 02 - 01) 说明书35-56段, 附图1-6	1-7, 11-12																														
A	CN 201303038 Y (中天日立射频电缆有限公司 等) 2009年 9月 2日 (2009 - 09 - 02) 全文	1-12																														
A	CN 205140595 U (中国西电集团公司) 2016年 4月 6日 (2016 - 04 - 06) 全文	1-12																														
A	KR 100817981 B1 (LS CORP.) 2008年 3月 31日 (2008 - 03 - 31) 全文	1-12																														
A	JP H07131236 A (FUJIKURA LTD.) 1995年 5月 19日 (1995 - 05 - 19) 全文	1-12																														
* 引用文件的具体类型:	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件																															
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性																															
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性																															
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)	“&” 同族专利的文件																															
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件																																
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件																																
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期																															
2020年 3月 15日	2020年 3月 25日																															
ISA/CN的名称和邮寄地址	授权官员																															
中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088	文雅																															
传真号 (86-10)62019451	电话号码 86-(10)-53961248																															

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/091830

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	102341867	A	2012年 2月 1日	EP	3376509	A1	2018年 9月 19日
				US	9269479	B2	2016年 2月 23日
				TW	201101341	A	2011年 1月 1日
				US	2016155541	A1	2016年 6月 2日
				CA	2753384	A1	2010年 9月 10日
				US	2010224389	A1	2010年 9月 9日
				EP	2404300	B1	2018年 12月 12日
				TW	1497531	B	2015年 8月 21日
				JP	2014078516	A	2014年 5月 1日
				WO	2010101912	A1	2010年 9月 10日
				US	8558115	B2	2013年 10月 15日
				AU	2010221468	B2	2014年 8月 7日
				KR	20110123776	A	2011年 11月 15日
				JP	2012519939	A	2012年 8月 30日
				EP	3376509	B1	2019年 10月 16日
				CA	2753384	C	2015年 8月 18日
				JP	5731623	B2	2015年 6月 10日
				KR	101573749	B1	2015年 12月 2日
				JP	5748883	B2	2015年 7月 15日
				CN	102341867	B	2014年 3月 19日
				JP	2014143218	A	2014年 8月 7日
				EP	2404300	A1	2012年 1月 11日
				AU	2010221468	A1	2011年 9月 8日
				JP	5722240	B2	2015年 5月 20日
				US	2014027036	A1	2014年 1月 30日
				BR	201009791	B1	2019年 5月 7日
				BR	201009791	A2	2016年 3月 15日
				MX	2011009129	A	2011年 9月 30日
				IN	201107062	P4	2012年 11月 30日
				AU	2014233636B	B2	2017年 2月 16日
				AU	2014233636	A1	2014年 10月 16日
				HK	1160546	A1	2019年 9月 13日
				MX	314668	B	2013年 10月 28日
				HK	1160546A0	A0	2012年 8月 17日
CN	201303038	Y	2009年 9月 2日	无			
CN	205140595	U	2016年 4月 6日	无			
KR	100817981	B1	2008年 3月 31日	无			
JP	H07131236	A	1995年 5月 19日	无			