(19) 中华人民共和国国家知识产权局

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111653853 B
(45) 授权公告日 2021.08.17

(21) 申请号 202010529591.7
(22) 申请日 2020.06.11
(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111653853 A
(43) 申请公布日 2020.09.11
(73) 专利权人 浙江大学
地址 310058 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号
(72) 发明人 魏兴昌 宋天豪
(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司 33200
代理人 郑海峰
(51) Int.Cl.
H01P 1/203 (2006.01)
H01P 1/212 (2006.01)

(56) 对比文件
CN 204556783 U,2015.08.12
CN 110311198 A,2019.10.08
CN 105762471 A,2016.07.13
CN 105470643 A,2016.04.06

审查员 何丹丹

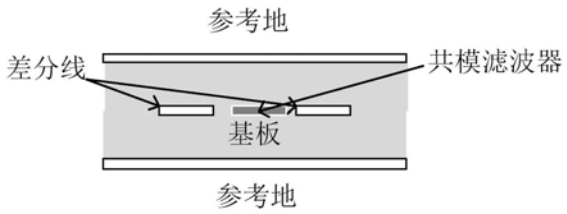
权利要求书1页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路

(57) 摘要

本发明公开了一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路。该发明用于抑制高速带状差分线上的共模传导噪声，在差分线中间加入锯齿型走线作为共模滤波器，该走线不需要通过过孔连接电路板其它部分，且与差分线在同一层。通过锯齿型走线的凹凸边缘，将差分线上的共模电流高效率地耦合到共模滤波器，再通过共模滤波器的自身谐振反过来阻止差分线上的共模电流。本发明克服了现有共模滤波器无法高效率耦合带状差分线上共模电流的问题，从而提高了共模滤波的阻带宽度和深度。另一方面，由于本发明的共模滤波器无需过孔且和差分线在同一层，最大限度地减小了共模滤波器对差分线布线的影响，非常适用于布线密度高、共模滤波器使用空间受限的高速差分线。



CN 111653853 B

1.一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路，其特征在于，包括介质基板、设置于介质基板上下面的金属地平面、布置在介质基板中间的一对差分线和共模滤波器，所述的共模滤波器与差分线位于介质基板的相同布线层；所述的差分线为带状差分线，所述的共模滤波器是位于差分线中间位置的金属片状结构，共模滤波器的宽度沿差分线的布置方向呈现锯齿形凹凸分布；

所述的共模滤波器为双侧连续锯齿状、或者多段锯齿状级联结构；所述锯齿状中凸起的部分距离差分线为3mil-5mil，凹下的部分距离差分线为5mil-10mil。

2.如权利要求1所述的一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路，其特征在于，所述的共模滤波器为中心对称结构。

3.如权利要求1所述的一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路，其特征在于，所述共模滤波器为一段线宽非均匀分布的λ/2开路线。

一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路

技术领域

[0001] 本发明涉及PCB板中差分线上的共模噪声抑制技术领域，尤其涉及一种无 过孔的锯齿型带状线共模滤波电路。

背景技术

[0002] 随着信号速率不断提升，差分线已经成为高速互连常用的传输形式。差分信 号具有抗干扰能力强、有效抑制外部电磁干扰、时序定位精确等显著优点。但是 差分线结构不仅传输携带信息的差分信号，也会传输不携带信息但是会造成电磁 干扰的共模噪声。PCB板上的不连续结构、差分对的不平衡性、层间跨越，以 及芯片中输出的共模信号等原因都会带来共模噪声风险。如果不能有效抑制共模 噪声，那么会导致输入输出(I/O)电缆的共模电流辐射从而加剧电磁干扰问题。共 模滤波器用来实现抑制共模噪声，同时保证差分信号的传输特性不受影响。

[0003] 国内外对于高速差分链路共模滤波器的研究逐年增多。目前在板共模滤波器 研究较多的是缺陷地结构(Defected Ground Structure,DGS)，即在差分线参考地上 蚀刻孔缝阻碍共模噪声的返回电流，例如哑铃型结构、HU结构等。此外，还有 在DGS型结构基础上结合蛇形走线的滤波器结构。该类共模滤波器属于非共面 型共模滤波器。但在参考地上刻蚀孔缝减小了参考地的屏蔽作用，同时有破坏信 号完整性的风险，因此在工业界高速布线中采用的不多。

[0004] 除了在参考地上蚀刻孔缝结构以外，另一种结构是共面型滤波器，即谐振器 与差分线位于同一层PCB平面，比如将两个四分之一波长谐振器通过同一个地 过孔级联然后插入到差分线之间，形成共面型共模滤波器结构。该类结构不用刻 蚀参考地，但需要过孔连接共模滤波器和参考地。过孔如果采用贯穿PCB的直 通过孔实现，会影响到上下PCB层的布线，而基于盲孔工艺的过孔增加了制作 PCB的成本。如果不采用过孔，四分之一波长谐振器的谐振特性减弱，特别对 于带状差分线，其共模滤除效果明显下降甚至无滤波效果，这是因为金属过孔和 金属地所形成的环路具有电感效应，而不采用过孔就不会产生环路，缺少谐振所 需要的电感效应。

[0005] 无论是共面型还是非共面型共模滤波器，其本质都是利用了谐振器结构，当 谐振器结构放置在合适的位置时，共模噪声传输时会受到谐振的影响从而受到抑 制，而差模信号则不会受影响，保证了高速差分信号的传输质量，所以在高速差 分链路上应用的滤波器应当是共模带阻、差模全通的滤波器。由于现有的带过孔 滤波器中的过孔加工困难，且会对滤波效果造成影响，因此亟需一种能够有效抑 制共模噪声、加工工艺较为简单的无过孔共模滤波器。

发明内容

[0006] 为了克服现有技术中的共模滤波器结构通常会破坏差分线参考地的屏蔽作 用，导致滤波效果较差或不稳定的问题，本发明提供一种无过孔的锯齿型带状线 共模滤波电

路，将共模滤波器应用于带状差分线，该差分线有两根存在耦合关系 的单端线及其上下地平面组成，该结构传输具有互补(反相)关系的差分信号， 共模滤波器与差分线设在同一PCB布线层，用于阻止差分线上的共模噪声，且 共模滤波器没有连接过孔，加工工艺简单，在有效滤除共模噪声的同时，对差模 信号影响很小，滤波效果稳定。

[0007] 为了实现上述目的，本发明采用如下技术方案：

[0008] 一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路，包括介质基板、设置于介质基板 上下面的金属地平面、布置在介质基板中间的一对差分线和共模滤波器；所述的 差分线为带状差分线，所述的共模滤波器是位于差分线中间位置的金属片状结构， 共模滤波器的宽度沿差分线的布置方向呈现锯齿形凹凸分布。

[0009] 作为本发明的优选，所述的共模滤波器与差分线位于介质基板的相同布线层。

[0010] 作为本发明的优选，所述的共模滤波器为双侧连续锯齿形状、或者多段锯齿 形级联结构。

[0011] 作为本发明的优选，所述锯齿状的凸起部分距离差分线为3mil-5mil，凹下 的部分距离差分线5mil-10mil。

[0012] 本发明具备的有益效果：

[0013] (1)本发明将一种特殊结构的共模滤波器用于带状差分线，提出了一种无 过孔的锯齿型带状线共模滤波电路。由于差分线上除了差分信号以外，往往还伴 随着共模信号，若共模电压过高，会导致差分放大器饱和，影响差分信号的放大； 且同轴电缆中存在的共模信号会潜在地引起过量的电磁辐射。本发明将金属片状 结构的共模滤波器与差分线设在同一PCB布线层，当共模滤波器宽度沿着差分 线呈现锯齿形凹凸分布时，凹凸变化的共模滤波器与差分线之间的距离出现连续 变化，因此差分线和滤波器构成的等效电路模型中所对应的电容电感也会出现连 续变化，进而极大提高了其谐振特性。因此，凹凸变化的共模滤波器与差分线的 电磁耦合增加，对共模噪声的抑制带宽和抑制深度都相应增加，可以有效阻止差 分线上的共模噪声，且共模滤波器没有连接过孔，不会破坏差分线参考地的屏蔽 作用，保证了滤波效果和稳定性。

[0014] (2)本发明的共模滤波器的长度接近二分之一波长(λ/2)，该λ/2开路线 可以等效为谐振电路，λ/2对应的频点为滤波器的谐振频点，可以通过改变锯齿 状中“凸起”和“凹下”的距离来调节共模滤波器的阻带宽度，使得共模滤波器 能够在一个较宽的频带谐振；在不同的谐振频点，通过将多段锯齿状共模滤波器 进行级联的方式可以进一步提高滤波带宽和滤波深度。

[0015] 共模滤波器的锯齿状结构能够增强λ/2开路线与差分线之间的耦合，形成有 效的谐振，有效地抑制共模噪声，且由于本发明的共模滤波器结构几乎完全对称 (滤波器与两根差分线的距离相等且滤波器本身是对称结构)，当带状差分线在 共模激励时，差分线上的共模电流高效率地耦合到共模滤波器，再通过共模滤波 器的自身谐振反过来阻止差分线上的共模电流。而差分线处于差模激励状态时， 差分线的对称中心面类似于电壁，相当于短路，在中间加入对称结构的开路滤波 器，且其与两根差分线保持相等的距离，不会破坏差分线对称中心面的电壁，电 流耦合到滤波器上极低，因此滤波器对差模信号的影响(Sdd21)很小，保证了 滤波电路在滤除共模信号功能的同时，能够有效地保护差分信号的传输。

[0016] (3)本发明的共模滤波器无需过孔且和差分线在同一层，最大限度地减小 了共模滤波器对差分线布线的影响，非常适用于布线密度高、共模滤波器使用空 间受限的高速差分线。

附图说明

[0017] 图1是本发明的共模滤波器作用于带状差分线横截面示意图；

[0018] 图2是本发明的共模滤波器俯视图，(a)锯齿形滤波器1(鱼骨型结构)， (b)锯齿形滤波器2，(c)多个共模滤波器级联；

[0019] 图3是作为参考的共模滤波器；

[0020] 图4是仿真得到(a)本发明共模滤波器1、(b)参考共模滤波器、(c)没 有共模滤波器时的共模噪声传输系数Scc21，差模信号传输系数Sdd21，以及(d) 本发明共模滤波器1的差模共模转换比Scd21；

[0021] 图5(a)和(b)是本发明的锯齿型共模滤波器的Scc21、Sdd21和Scd21；

[0022] 图6(a)和(b)是本发明的级联型共模滤波器的Scc21、Sdd21和Scd21， 图6(c)和(d)是带状差分线分别处于共模和差模激励时，其上的电流分布。

具体实施方式

[0023] 下面结合说明书附图对本发明做进一步的说明。

[0024] 一种无过孔的锯齿型带状线共模滤波电路，包括介质基板、设置于介质基板 上下面的金属地平面、布置在介质基板中间的一对差分线和共模滤波器，其横截 面分别如图1所示，所述的差分线为带状差分线，差分线有两根存在耦合关系 的单端线及其上下地平面组成，该结构传输具有互补(反相)关系的差分信号。所述的共模滤波器是位于差分线中间位置的金属片状结构，共模滤波器的宽度沿 差分线的布置方向呈现锯齿形凹凸分布。

[0025] 共模滤波器沿着差分线布线。在本发明的一个具体实施中，图2(a)是锯 齿形滤波器1(鱼骨形状)共模滤波器，图2(b)是锯齿型共模滤波器2，本发 明也可以是其他类似形状的线宽非均匀的结构，但一般采用中心对称结构。当共 模滤波器不用过孔与参考地连接时，不存在过孔与参考地之间形成的环路所具有 的电感效应，因此其谐振特性明显减弱，需要增加其与差分线的电磁耦合来提高 其谐振特性。当共模滤波器宽度沿着差分线呈现锯齿形凹凸分布时，共模滤波器 与差分线的电磁耦合增加。这主要是因为凹凸变化的共模滤波器与差分线之间的 距离出现了连续变化，因此差分线和滤波器构成的等效电路模型中所对应的电容 电感也会出现连续变化，进而极大提高了其谐振特性。

[0026] 在本发明的一个具体实施中，可以通过调节锯齿状的“凸起”部分、“凹下” 的部分的距离来进一步提高共模滤波器的阻带宽度。调节图2(a)中“凸起” 部分的间距l_1，距离l_2以及距离l_3，其中l_3越小，滤波效果越好，而l_1和l_2需要 根据滤波的频带来调整，相邻的两根“鱼骨”宽之和，即$2*l_2$一般不得大于l_1；调 节图2(b)中锯齿的大小l_4，锯齿间间距l_5以及锯齿和差分线之间的距离l_6， 使得共模滤波器可以在一个较宽的频带谐振，和共模滤波器I调节方法类似，l_6越小，滤波效果越好，l_4和l_5则需根据滤波的频带来调整，锯齿的大小l_4一般要 大于锯齿间间距l_5。

[0027] 共模滤波器的长度接近二分之一波长(λ/2)，且无过孔连接地平面。该λ/2 开路线

可以等效为谐振电路，λ/2对应的频点应为滤波器的谐振频点。在不同的 谐振频点，也可以将多段锯齿形共模滤波器级联的方式，用来提高滤波带宽和滤 波深度。如图2(c)所示，微调每一段级联共模滤波器的长度l_7和l_8，使其为 滤波频点所对应波长的二分之一左右，即λ/2+Δ、λ/2-Δ，可以使得它们谐振在彼 此靠近、但不相同的频段，这相当于将几个带阻滤波器级联，从而展宽整体共模 滤波器的阻带宽度。共模滤波器之间的距离大小不会对滤波效果产生明显的影响。

[0028] 本发明提出的锯齿状结构用于增强λ/2开路线与差分线之间的耦合，从而形 成有效的谐振，进而有效地抑制共模噪声。锯齿状的凸起部分距离差分线为 3mil-5mil，凹下的部分距离差分线5mil-10mil。

[0029] 作为对比，图3给出了相同尺寸和材料、宽度均匀的参考共模滤波器作用于 带状差分线的模型。仿真后，图2(a)共模滤波器1作用于带状差分线模型的 共模噪声传输系数Scc21、差模信号传输系数Sdd21如图4(a)所示。从图4 (a)可以看出，本发明的图2(a)共模滤波器1在22.4GHz对共模噪声有明显 抑制作用(Scc21曲线出现明显下降)，且其共模噪声抑制的3dB带宽为1.77GHz， 滤波深度可达到-23dB。

[0030] 参考共模滤波器作用于带状差分线模型的共模噪声传输系数Scc21、差模信 号传输系数Sdd21如图4(b)所示。从图4(b)可以看出，参考共模滤波器对 共模噪声无抑制作用(Scc21曲线无明显下降峰)。这主要是由于当共模滤波器 不用过孔与参考地连接时，其谐振特性减弱，需要使其实现凹凸变化来增加其与 差分线的电磁耦合。

[0031] 无共模滤波器时带状差分线模型仿真得到的共模噪声传输系数Scc21、差模 信号传输系数Sdd21如图4(c)所示。本发明共模滤波器的共模差模转换比Scd21 如图4(d)所示。对比图4(a)和图4(c)，可以看出本发明的共模滤波器由 于结构几乎完全对称(滤波器与两根差分线的距离相等且滤波器本身是对称结 构)，其对差模信号的影响(Sdd21)很小。这是因为差分线传输差模信号时，差 分线的对称中心面类似于电壁，相当于短路，在中间加入对称结构的开路滤波器， 且其与两根差分线保持相等的距离，不会破坏差分线对称中心面的电壁。从图4 (d)中又可以看出Scd21很小(小于-40dB)，这说明差模信号转换为共模噪声的比例很小，证明了本发明的共模滤波器1在具有良好的滤除共模信号功能的同 时，可以有效地保护差分信号的传输。

[0032] 图5(a)为本发明的锯齿状共模滤波器作用于带状差分线时的Scc21和 Sdd21，从中可以看出，本发明的锯齿状共模滤波器在25.7GHz对共模噪声有明 显抑制作用，共模噪声抑制的3dB带宽达到0.54GHz，滤波深度可达到-22dB， 且对差模信号影响很小。Scd21结果如图5(b)所示，从中可以看出，差模信 号转换为共模噪声的比例也很小(Scd21小于-25dB)，进一步证明了本发明的锯 齿状共模滤波器在有效滤除共模噪声的同时，还可以有效地保护差模信号。

[0033] 图6(a)为本发明的级联型共模滤波器作用于带状差分线时的Scc21和 Sdd21，由图可得本发明的级联型共模滤波器在20.4GHz对共模噪声有明显抑制 作用，共模噪声抑制的3dB带宽达到0.98GHz，滤波深度可达到-23dB，且对差 模信号影响很小。Scd21结果如图6(b)所示，其整体小于-35dB，说明差模信 号转化为共模噪声的比例也很小。图6(c)和(d)分别为带状差分线在共模和 差模激励时差分线和滤波器上的电流分布，图中箭头所指的方向为电流方向，从 中可以看出当带状差分线在共模激励时，差分线上的共模电流沿着差分

线电流方 向高效率地耦合到共模滤波器，再通过共模滤波器的自身谐振反过来阻止差分线 上的共模电流。而差分线处于差模激励状态时，差分线上的差模电流耦合到滤波 器上的电流会形成回路，因此本发明共模滤波器对差模信号影响很小。

[0034] 以上列举的仅是本发明的具体实施例。显然，本发明不限于以上实施例，还 可以有许多变形。本领域的普通技术人员能从本发明公开的内容直接导出或联想 到的所有变形，均应认为是本发明的保护范围。

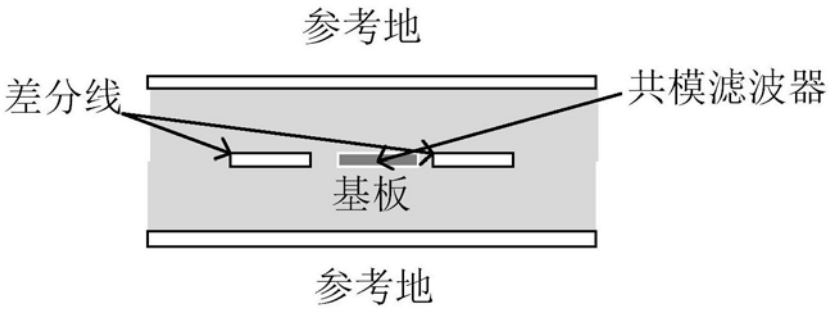

参考地
差分线
共模滤波器
基板
参考地

图1

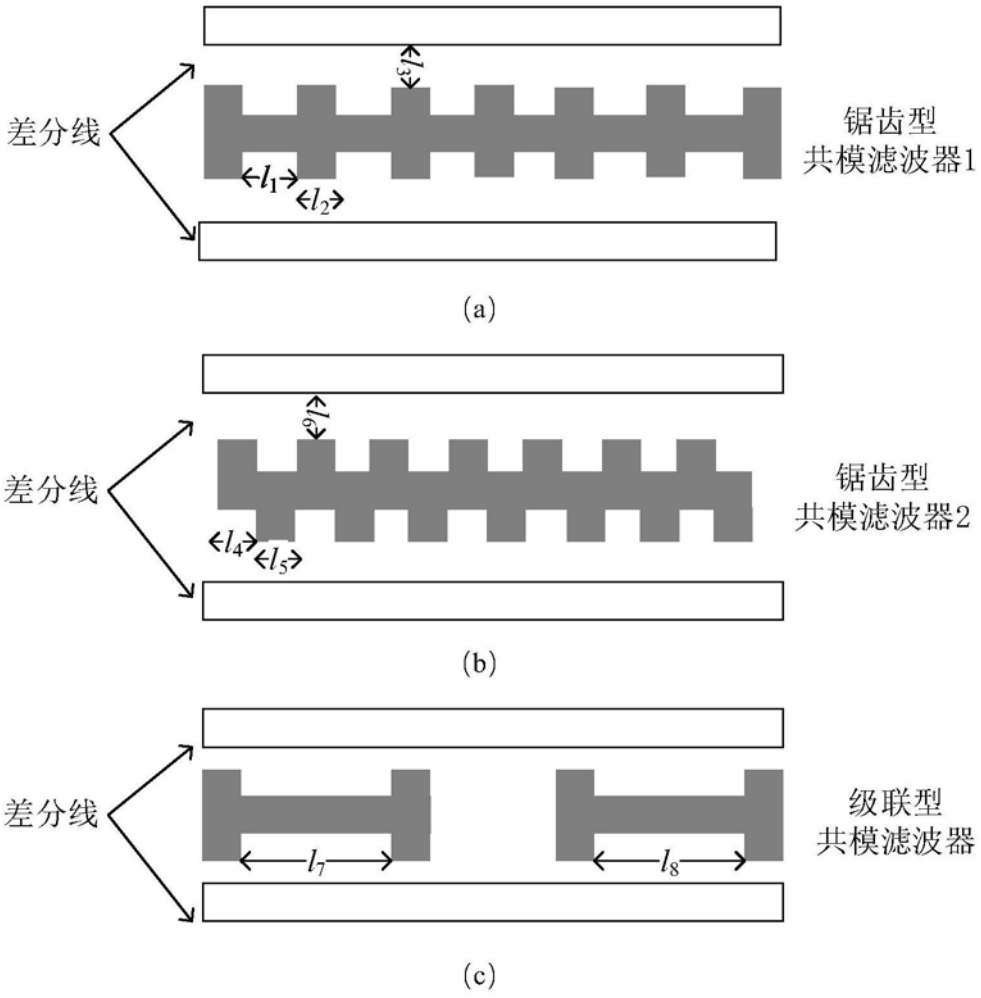

差分线
l_3
l_1
l_2
锯齿型
共模滤波器1
(a)
差分线
l_6
l_4
l_5
锯齿型
共模滤波器2
(b)
差分线
l_7
l_8
级联型
共模滤波器
(c)

图2

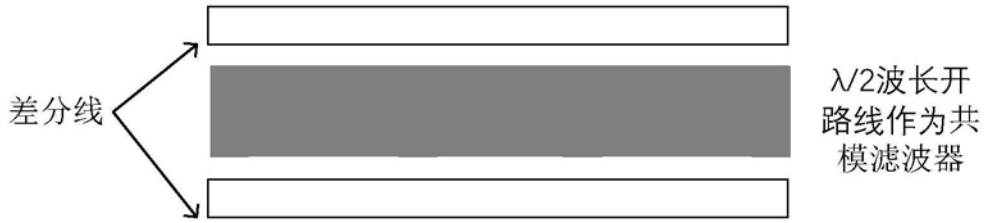
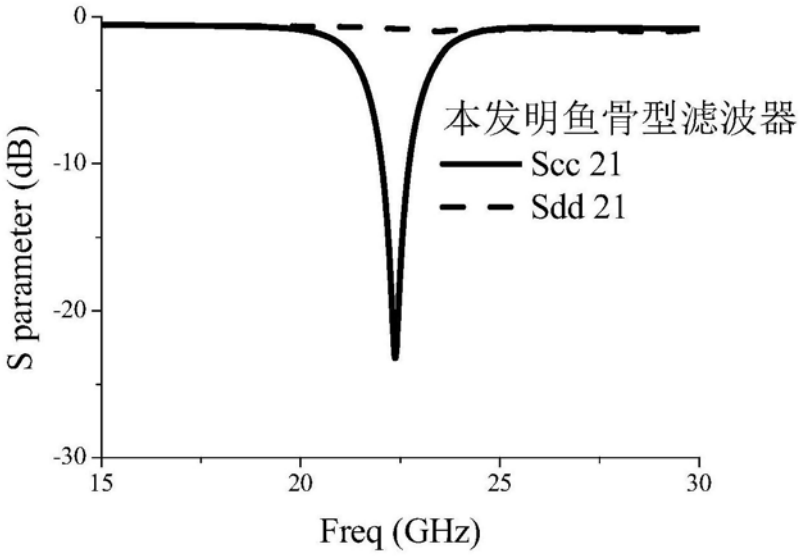
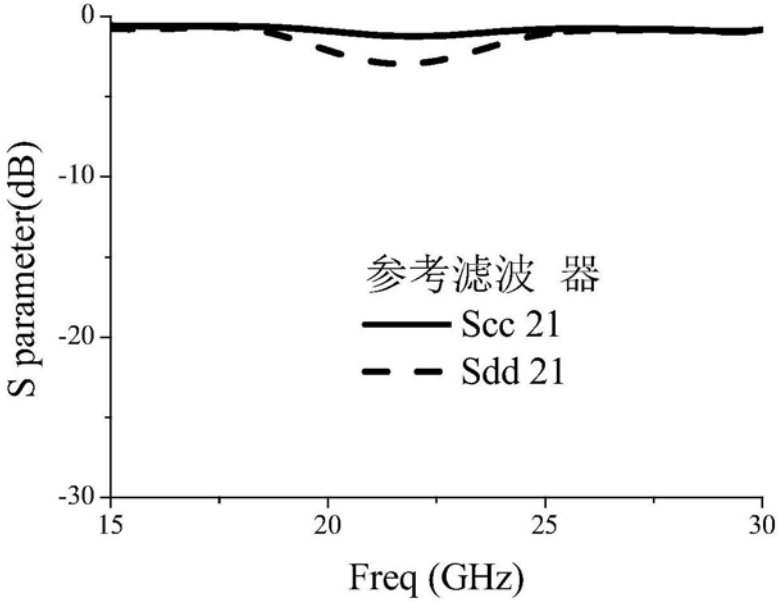


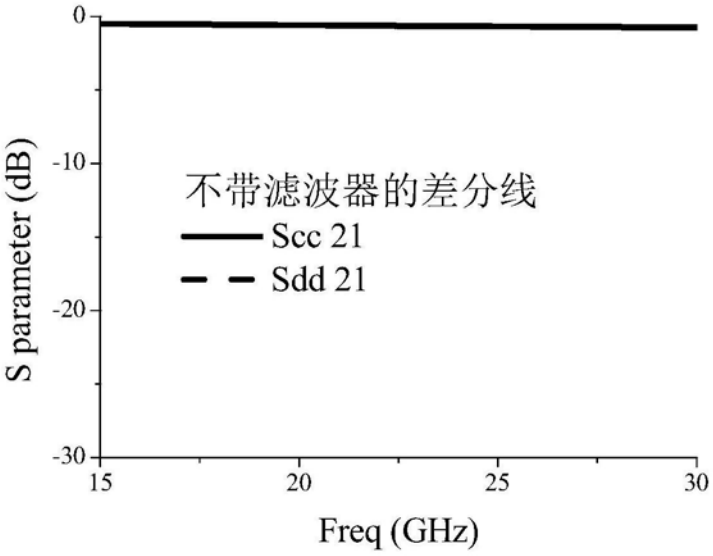
图3


0
-10
-20
-30
S parameter (dB)
15
20
25
30
Freq (GHz)
本发明鱼骨型滤波器
Scc 21
Sdd 21

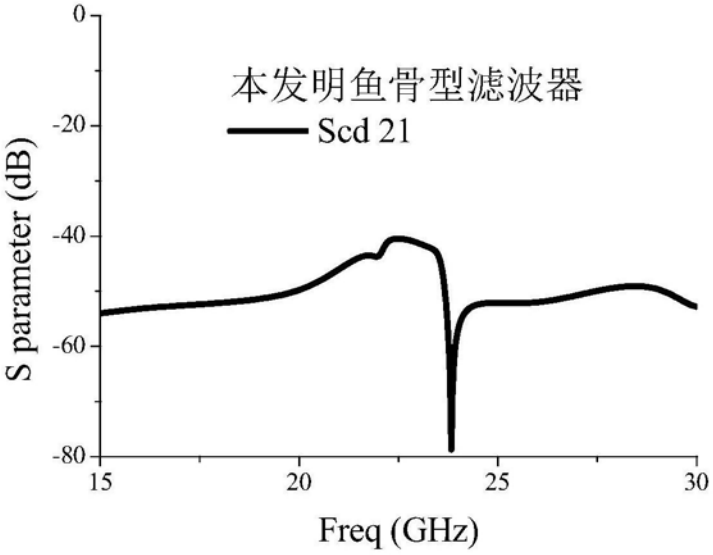
(a)


0
-10
-20
-30
S parameter(dB)
15
20
25
30
Freq (GHz)
参考滤波 器
Scc 21
Sdd 21

(b)

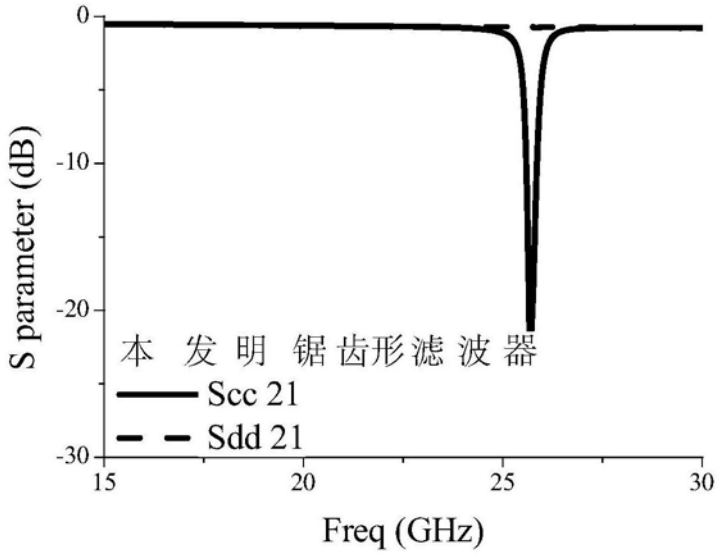

0
-10
-20
-30
S parameter (dB)
不带滤波器的差分线
Scc 21
Sdd 21
15
20
25
30
Freq (GHz)

(c)

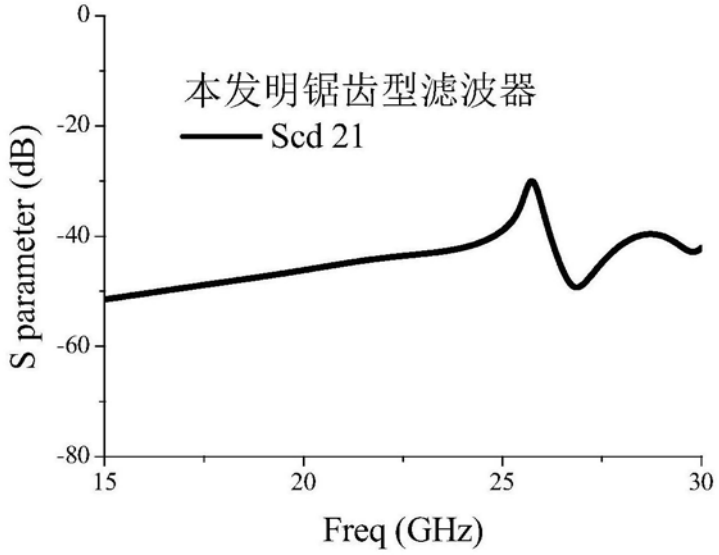

0
-20
-40
-60
-80
S parameter (dB)
本发明鱼骨型滤波器
Scd 21
15
20
25
30
Freq (GHz)

(d)

图4

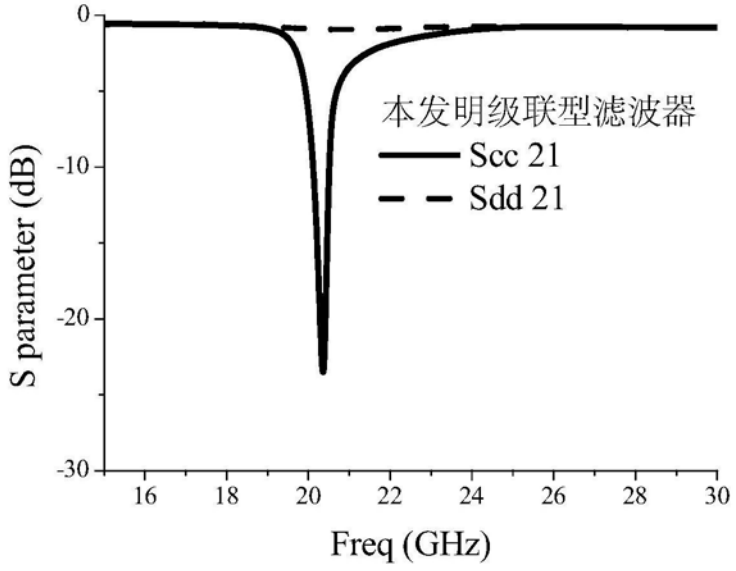

0
-10
-20
-30
S parameter (dB)
本 发 明 锯 齿形滤 波 器
Scc 21
Sdd 21
15
20
25
30
Freq (GHz)

(a)

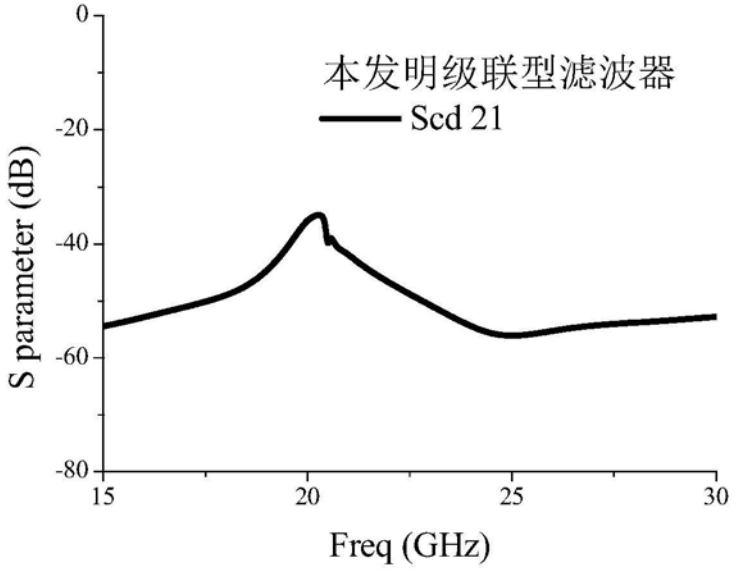

0
-20
-40
-60
-80
S parameter (dB)
本发明锯齿型滤波器
Scd 21
15
20
25
30
Freq (GHz)

(b)

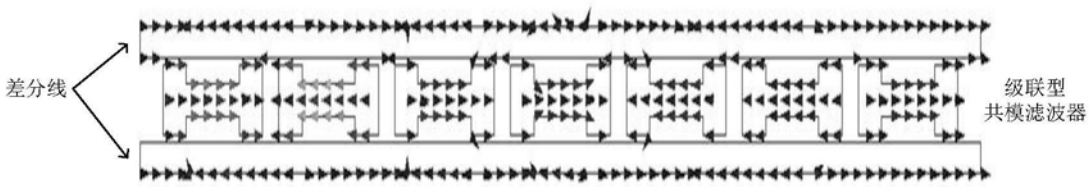
图5


本发明级联型滤波器
Scc 21
Sdd 21
S parameter (dB)
Freq (GHz)
0
-10
-20
-30
16
18
20
22
24
26
28
30

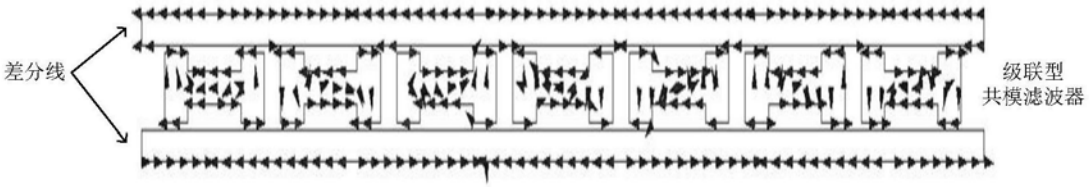
(a)


本发明级联型滤波器
Scd 21
S parameter (dB)
Freq (GHz)
0
-20
-40
-60
-80
15
20
25
30

(b)


差分线
级联型
共模滤波器

(c)



(d)

图6